COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 JUIN 1898,

PRÉSIDENCE DE M. WOLF.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE. — *L'air liquide.* Note de M. D'ARSONVAL [1].

« Dans la séance du 23 mai, j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie un flacon d'air liquide, obtenu dans mon laboratoire au moyen d'une petite machine du professeur Linde.

» Avant de décrire sommairement cet intéressant appareil je rappellerai brièvement les phases de cette opération, aujourd'hui si simple : la liquéfaction de l'air atmosphérique.

» C'est dans la séance du 24 décembre 1877 que notre Confrère, M. Cailletet, annonça qu'il était arrivé à liquéfier la plupart des gaz

[1] Note communiquée à l'Académie le 6 juin 1898.

réputés permanents. Sa méthode, aussi neuve qu'originale, consistait à refroidir brusquement le gaz, par sa propre détente, après l'avoir comprimé à une pression plus ou moins élevée.

» Nous connaissons aujourd'hui la condition essentielle pour liquéfier un gaz quelconque : il suffit d'abaisser sa température au-dessous de la température critique qui lui est propre. Tant que cette condition n'est pas réalisée, aucune pression, si grande soit-elle, ne peut amener la liquéfaction.

» Pour liquéfier l'air il faut d'abord abaisser sa température à — 140°; cela fait, une pression inférieure à 40 atmosphères permet de l'obtenir à l'état liquide. Si l'on veut l'obtenir à une pression encore plus faible, à la pression atmosphérique, par exemple, de manière à l'avoir en vase ouvert, il faudra abaisser la température jusqu'à — 191°.

» Ces notions, qui nous paraissent aujourd'hui si simples, n'ont pu se faire jour que peu à peu et c'est grâce à elles que la liquéfaction de l'air atmosphérique a cessé d'être une curiosité de laboratoire pour devenir une opération industrielle entre les mains de M. Linde.

» Dans l'expérience de M. Cailletet, la masse gazeuse détendue étant très limitée, et la détente n'amenant qu'un refroidissement momentané, la liquéfaction ne persistait que quelques instants, juste le temps matériel de la constater. Ce refroidissement était seulement *dynamique*, c'est-à-dire essentiellement transitoire. Pour obtenir le gaz liquéfié d'une façon stable, à l'état *statique*, il fallait le refroidir au-dessous de la température critique. C'est également notre Confrère, M. Cailletet, qui indiqua le moyen d'obtenir ce refroidissement en plongeant le récipient contenant le gaz comprimé dans l'éthylène liquide, qui bout à —105°. Cet abaissement de température n'étant pas encore suffisant pour atteindre le point critique de l'oxygène —113°, M. Cailletet suggéra l'idée de descendre plus bas en évaporant l'éthylène liquéfié dans le vide comme Faraday l'avait fait pour le protoxyde d'azote.

» Cette expérience définitive, qui permit d'obtenir liquides à l'état *statique* l'oxygène, l'azote et l'oxyde de carbone, fut réalisée seulement en 1883 par MM. Wroblewski et Olszewski qui, en perfectionnant les appareils de M. Cailletet, atteignirent la température de — 139°, au moyen de l'éthylène liquide évaporé dans le vide. C'est en évaporant également dans le vide des corps de plus en plus volatils : acide carbonique, éthylène, oxygène, que les physiciens, et tout particulièrement M. Olszewski, ont pu nous faire connaître les propriétés des gaz liquéfiés.

» M. James Dewar, depuis l'année 1884, en suivant la même voie, et en perfectionnant les appareils, a obtenu des masses de gaz liquéfiés incomparablement plus grandes que ses devanciers, puisque, comme il le dit lui-même, il a pu recueillir l'oxygène liquide *par pintes* et réaliser ainsi les belles expériences que l'Académie connaît.

» En somme, les appareils graduellement perfectionnés par MM. Cailletet, Olszewski et Dewar, se composent de trois machines à froid par évaporation, employant des liquides de plus en plus volatils : acide carbonique, éthylène, oxygène. On comprend sans peine, comme le fait remarquer M. Linde, que l'installation et l'exploitation de pareilles machines entraînent des frais et des difficultés qui s'opposent à leur emploi dans l'industrie.

» Pour arriver à obtenir ce refroidissement, qui est la condition nécessaire et suffisante pour liquéfier un gaz quelconque, M. Linde a repris le principe si fécond de la détente, imaginé par M. Cailletet, en rendant cette détente continue, si je peux m'exprimer ainsi, et en usant d'artifices des plus ingénieux.

» Cet appareil à liquéfier l'air a ceci d'extrêmement remarquable qu'il n'emploie aucun agent réfrigérant autre que l'air lui-même, et que tout le mécanisme se réduit à une pompe qui comprime cet air et à un serpentin où il se détend de façon continue par la manœuvre d'un simple robinet.

» Mais, pour arriver à ce résultat, M. Linde a dû révoquer en doute un axiome admis par tous les physiciens, à savoir qu'une machine à air froid dépourvue de cylindre de détente (où se produit un *travail extérieur*) ne pourrait pas produire de froid du tout. Cela est absolument exact pour un gaz *parfait*, comme le supposent les lois de Mariotte et de Gay-Lussac, parce que, pour ce gaz parfait, les forces *intérieures* sont infiniment petites.

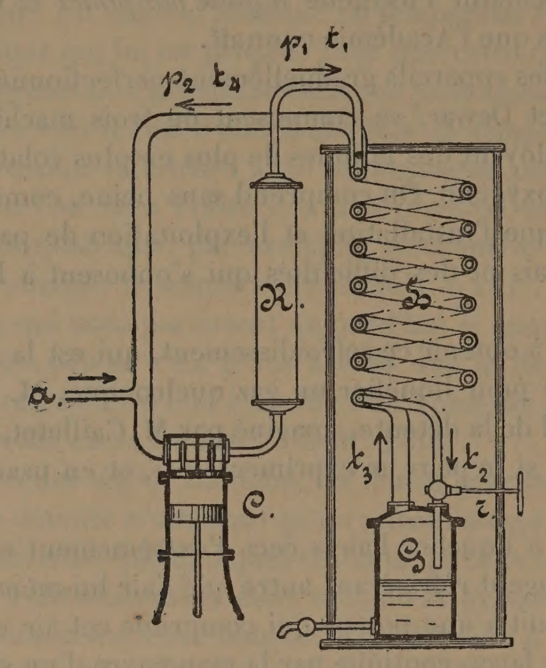
» M. Linde s'est heureusement souvenu que Thomson et Joule ont démontré depuis près de quarante ans que l'air atmosphérique n'est pas un gaz *parfait* et que, lorsqu'il s'écoule d'une pression élevée à une pression plus basse, il éprouve un refroidissement θ, *indépendant de l'énergie du jet*, qui est donné par la formule

$$\theta = 0,276(p_1 - p_2)\left(\frac{273}{T}\right)^2,$$

où $p_1 - p_2$ représente la différence de pression en atmosphères et T la température *absolue* du jet.

» C'est sur le froid résultant de cette détente continue qu'est basée la nouvelle machine. Ce refroidissement, comme on peut le voir, est d'abord

Schéma de l'appareil de Linde.



C, Compresseur d'air à 220 atmosphères.
R, Réfrigérant ramenant l'air comprimé à la température ambiante.
t_1, t_2, Serpentin intérieur parcouru de haut en bas par l'air comprimé à 220 atmosphères.
r, Robinet de tendeur.
G, Réservoir où l'air se détend de 220 atmosphères à 20 atmosphères et où une partie se liquéfie par la détente.
t_3, t_4, Serpentin extérieur que l'air détendu parcourt de bas en haut. Cet air revient au compresseur.
a, Tubulure apportant de l'air nouveau pour remplacer celui qui se liquéfie.

très faible ($\frac{1}{4}$ de degré par atmosphère), ce qui nécessiterait des différences de pression formidables (au moins 800 atmosphères) pour abaisser la température de l'air à — 200°. Inutile de dire que de pareilles pressions ne seraient pas pratiques. De plus, le travail de compression serait énorme. M. Linde a tourné ces deux difficultés très ingénieusement : 1° en *accumulant* les effets de la détente continue; 2° en ne laissant pas détendre l'air comprimé jusqu'à la pression atmosphérique.

» L'accumulation des effets est obtenue au moyen de deux tuyaux concentriques en cuivre entrant l'un dans l'autre et longs de 15^{m}. Le tuyau intérieur est parcouru par l'air venant d'une pompe qui le comprime à

220^{atm}. Arrivé au bout de ce tuyau, l'air se détend dans le second tuyau à 20^{atm} et le parcourt *en sens inverse* après s'être refroidi de 50° par la détente; mais, dans son trajet, il cède le froid produit à l'air qui arrive comprimé à 200^{atm}, de sorte qu'à l'extrémité du second tuyau l'air, détendu à 20^{atm}, retourne à la pompe de compression à la température ambiante après avoir cédé tout le froid produit par la détente à l'air qui arrive. Ces deux tuyaux sont roulés en serpentin pour tenir moins de place et isolés dans une caisse en bois bourrée de laine brute pour éviter les apports de chaleur extérieure. Par ce moyen la température, avant et après l'écoulement, s'abaisse graduellement jusqu'à ce que la température de liquéfaction soit atteinte et qu'une partie de l'air qui s'écoule se rassemble à l'état liquide dans le récipient adapté à l'extrémité de l'appareil.

» D'après la formule de Thomson et Joule le *refroidissement* dépend de la *différence* des pressions $p_1 - p_2$ tandis que le *travail* de compression dépend du *quotient* de ces mêmes pressions $\frac{p_1}{p_2}$. Il y a donc avantage à avoir $p_1 - p_2$ très grand et $\frac{p_1}{p_2}$ le plus petit possible. C'est le résultat atteint par M. Linde en faisant $p_1 = 220^{atm}$ et $p_2 = 20^{atm}$ et non 1; en effet, $p_1 - p_2 = 200$ tandis que $\frac{p_1}{p_2} = 11$ et non 200, comme cela arriverait si l'on détendait jusqu'à la pression atmosphérique.

» En somme, sans vouloir donner de description plus détaillée, la machine de M. Linde repose sur trois points principaux :

» 1° Refroidissement par *travail intérieur* de l'air se détendant et résultant de ce qu'il n'est pas un gaz parfait suivant les lois de Mariotte et de Gay-Lussac;

» 2° Accumulation du refroidissement par le principe du contre-courant réalisé d'une façon parfaite par l'échangeur de température, composé de deux serpentins concentriques où l'air circule en sens inverse;

» 3° Diminution du travail de compression en ne laissant pas l'air se détendre jusqu'à la pression atmosphérique.

» Tels sont les points extrêmement ingénieux qui caractérisent la machine de M. Linde et qui rendent industrielle la liquéfaction de l'air atmosphérique. La machine que j'ai au laboratoire produit environ 1^{lit} d'air liquide à l'heure en dépensant un peu moins de trois chevaux. C'est déjà un résultat remarquable, mais qui est dépassé de beaucoup par les machines industrielles du même inventeur donnant 60^{kg} d'air liquide à l'heure.

» On suit très facilement l'abaissement de température au moyen d'une soudure thermo-électrique (constantan-fer), reliée à un galvanomètre Deprez-d'Arsonval indiquant jusqu'à — 250°.

» Une fois liquéfié, il faut pouvoir recueillir et garder cet air à la pression atmosphérique. Pour cela, il faut des récipients aussi imperméables que possible à la chaleur. M. J. Dewar recommande pour cet usage des vases spéciaux où l'enveloppe isolante est constituée par le vide de Crookes.

» C'est Dulong et Petit qui, dans leurs remarquables recherches sur le refroidissement, ont les premiers montré qu'un corps placé dans une enceinte vide se refroidit (ou se réchauffe) de 20 à 25 fois plus lentement que dans l'air atmosphérique.

» Sans vouloir soulever aucune discussion de priorité, je crois devoir rappeler que, me basant sur les expériences de Dulong et Petit sur le pouvoir thermo-isolateur du vide, j'ai répandu depuis 1887, parmi les médecins français, des réservoirs en verre identiques *comme destination et comme forme* à ceux employés par M. Dewar.

» Voici en effet ce que je disais dans une Note publiée le 11 février 1888 dans les *Comptes rendus de la Société de Biologie* (Masson, éditeur) :

» Dans bien des circonstances il importe de réaliser un milieu aussi imperméable que possible à la chaleur et qui soit néanmoins parfaitement transparent. Après bien des essais, dans le détail desquels je ne saurais entrer ici, j'ai trouvé que le vide sec, fait dans un vase en verre, constitue une excellente enveloppe pour arrêter la chaleur obscure. L'appareil se compose en principe de deux vases en verre entrant l'un dans l'autre et soudés de façon à former un vase unique. Cet ensemble constitue un récipient qui présente deux cavités concentriques : l'une intérieure, qui est le réservoir proprement dit; l'autre annulaire, où l'on fait le vide sec à l'aide de la pompe à mercure. La transparence des parois de ce récipient permet de voir tout ce qui se passe dans son intérieur. L'enveloppe annulaire, où le vide sec existe, constitue la paroi thermo-isolatrice. J'ai pu constater qu'un liquide chaud placé dans le vase intérieur se refroidit de quinze à vingt fois plus lentement que si l'enveloppe isolatrice n'existait pas. Cette protection est encore bien plus efficace si l'on place dans l'appareil un liquide très froid, tel, par exemple, qu'un gaz liquéfié (acide sulfureux, acide carbonique et éther, chlorure de méthyle, etc.)....

» .... Le résultat obtenu est déjà plus satisfaisant en plongeant le tube dans l'air sec, mais cette protection est bien moins efficace que le vide sec parce que, dans l'air desséché, le tube s'échauffe par convection, l'air de l'espace annulaire passant constamment d'une des parois à l'autre. Dans un récipient constitué comme je viens de le dire, on peut conserver les gaz liquéfiés pendant des heures à la température ambiante et les manier aussi facilement que l'eau ordinaire, la transparence absolue du récipient permettant de suivre tous les phénomènes qui se passent dans le liquide.

» J'ajouterai que, pour produire avec le chlorure de méthyle (ou d'autres gaz liquéfiés) des températures aussi basses qu'en évaporant ces liquides dans le vide, j'ai signalé depuis nombre d'années le procédé suivant qui dispense de tout mécanisme : Il suffit de verser le chlorure de méthyle dans un vase *poreux* de pile pour que la température du liquide se maintienne automatiquement dans ce vase aux environs de — 60°, bien que le chlorure de méthyle bouille seulement à — 23°. Ce procédé est plus simple que l'insufflation d'air ou l'évaporation dans le vide et m'a rendu de grands services.

» L'appareil de Linde met entre nos mains un instrument de recherche des plus précieux, aussi ai-je cru devoir le signaler à nos Confrères. Je montrerai dans une prochaine Communication quels services il peut rendre en particulier aux biologistes. »

MM. H. **Moissan** et H. **Deslandres** demandent l'ouverture d'un pli cacheté déposé par eux le 11 mai 1896 et dont le dépôt a été accepté. Ce pli, inscrit sous le n° 5213, est ouvert en séance par M. le Président; il contient la Note suivante :

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches spectrales sur l'air atmosphérique* [1]. Note de MM. H. **Moissan** et H. **Deslandres**.

« Au cours de recherches entreprises en commun sur les gaz émis par le minéral cérite chauffé dans le vide, nous avons étudié avec soin par la méthode spectrale le résidu que donnent ces gaz, après explosion dans l'eudiomètre avec de l'oxygène, et absorption de l'oxygène en excès par l'acide pyrogallique.

» Le résidu (1^{cc} à 2^{cc}) était introduit dans un tube spectral vide relié à la trompe à mercure et à des tubes desséchants de potasse caustique et d'acide phosphorique anhydre.

» Or le spectre du résidu, examiné principalement dans le bleu et le violet, a montré les bandes caractéristiques de l'azote, relativement fortes, les raies de l'hélium, quelques raies de l'argon, et en plus les raies suivantes, qui n'ont pas encore été signalées dans un gaz connu :

---

(1) Ce travail a été fait avec l'aide de MM. Lebeau et Ferdinand Mittau.

Intensités comptées de 1 à 10, 10 étant la plus forte.	Longueurs d'onde.
7	415,17
3	414,37
4	411,00
4	410,80
2	410,05

» Dans cette expérience, le gaz de la cérite et l'oxygène interviennent également; mais le résidu obtenu avec l'oxygène seul a donné aussi les raies nouvelles plus ou moins fortes, lorsque l'oxygène a été préparé avec le chlorate de potasse, le permanganate de potasse et le bioxyde de manganèse naturel.

» Cependant, les bandes caractéristiques de l'azote étaient toujours présentes, et, comme l'azote provient en partie des manipulations sur la cuve à mercure, on a pensé que l'air atmosphérique pouvait jouer un rôle, et l'on a introduit dans le même tube spectral de l'air ordinaire, dont le spectre a été photographié à des pressions décroissantes. Or, les raies nouvelles apparaissent encore, mais seulement à une certaine pression, moindre que 1^{mm} et inférieure à la pression du maximum d'éclat des tubes d'azote. A cette même pression, on aperçoit aussi faiblement les raies caractéristiques de l'argon, et en particulier la raie λ 415,87.

» Les raies nouvelles ont paru plus fortes lorsqu'on a remplacé l'air par l'azote tiré de l'azotite d'ammoniaque, ou extrait de l'air par les procédés ordinaires de l'acide pyrogallique, du protochlorure de chrome et du cuivre porté au rouge.

» D'autre part, les raies ont disparu en même temps que les bandes de l'azote, lorsque l'on a absorbé l'azote par le lithium ou le magnésium.

» Cependant, ces raies nouvelles pouvaient, à la rigueur, être attribuées à des impuretés ou à des vapeurs émises par les matières de l'enceinte raréfiée (verre, électrodes métalliques, mercure, graisse, potasse, acide phosphorique); mais leur intensité relative n'augmente pas lorsque la pression diminue de plus en plus, comme c'est le cas pour les raies du mercure. D'ailleurs, elles ont été obtenues avec des tubes spectraux de cristal et de verre allemand, avec et sans électrodes métalliques; elles se sont montrées sans les bandes caractéristiques du cyanogène, qui sont un réactif très sensible de la présence simultanée du carbone et de l'azote; elles ont persisté lorsque l'on a introduit de l'oxygène qui fait disparaître toutes les raies du mercure. Enfin, elles ont manqué dans les gaz dissous par la

potasse et lorsque l'on a chauffé, dans le tube spectral vide, l'acide phosphorique, le phosphore rouge et le phosphore blanc.

» Aussi la conclusion est la suivante : ou bien ce sont des raies du gaz azote, spéciales aux basses pressions et non encore signalées; ou bien ces raies annoncent un gaz nouveau, contenu dans l'atmosphère, et voisin de l'azote par ses propriétés chimiques. L'apparition simultanée des raies de l'argon rend plus probable la seconde partie de l'alternative. »

M. **Henri Moissan** fait observer que les recherches dont il vient d'être question ont été interrompues par le départ de l'un des auteurs pour une mission scientifique au Japon. La découverte du krypton par notre savant Correspondant M. Ramsay et par M. Travers nous a engagé à publier ce résultat déjà ancien :

« Nous pensons pour différentes raisons que le gaz qui correspond aux raies que nous venons d'indiquer est différent du krypton. Nous croyons aussi devoir rappeler que les observations spectrales, faites en 1896, n'ont porté que sur la région du spectre qui peut être photographiée avec des plaques ordinaires, c'est-à-dire sur la région qui s'étend de $\lambda 4700$ à $\lambda 3700$.

» Ces résultats peuvent être de quelque utilité dans cette belle recherche des gaz de l'atmosphère, que l'élégante méthode de distillation fractionnée de l'air liquide de MM. Ramsay et Travers vient de faire entrer dans une voie nouvelle. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la mesure directe d'une quantité d'électricité en unités électromagnétiques; application à la construction d'un compteur d'électricité.* Note de M. **R. Blondlot.**

« Une longue bobine creuse est assujettie de façon que son axe soit horizontal; dans la région centrale de cette bobine, une seconde bobine, formée de quelques tours de fil et ayant la forme d'un anneau est, suspendue de façon que son plan soit vertical et qu'elle puisse tourner librement autour de son diamètre vertical. Les deux bobines sont parcourues par le même courant; des godets à mercure servent à établir les communications entre la bobine mobile et la partie fixe du circuit.

» Le magnétisme terrestre étant préalablement compensé, la bobine

annulaire prend, sous l'action du courant, une position d'équilibre dans laquelle ses spires sont parallèles à celles de la bobine fixe.

» Si on l'écarte un peu de cet azimut d'équilibre, elle exécute des oscillations isochrones. Soient T la période de ces oscillations et i l'intensité du courant. La période T est inversement proportionnelle à la racine carrée du moment du couple exercé par la bobine fixe sur la bobine mobile pour un écart déterminé de cette dernière. Or, ce moment est proportionnel à i^2, et, par conséquent, T est en raison inverse de i; en d'autres termes, le produit iT est une quantité constante, dépendant seulement de la construction des deux bobines. Maintenant, le produit iT n'est autre chose que la quantité d'électricité qui traverse une section quelconque du fil pendant la durée d'une oscillation, et l'on a par suite la proposition suivante : *quelles que soient l'intensité du courant et la période de l'oscillation, la quantité d'électricité qui traverse une section du circuit pendant qu'une oscillation s'accomplit est toujours la même.*

» La valeur en unités absolues électromagnétiques de la constante iT se détermine aisément comme il suit. Soit n le nombre des tours de fil sur la bobine fixe par centimètre de longueur de cette bobine, soit S la surface totale limitée par les sphères de la bobine annulaire, soit K le moment d'inertie de l'équipage mobile. L'intensité du champ, sensiblement uniforme, qui occupe la région centrale de la bobine fixe, dont la longueur est très grande, est $4\pi ni$; d'autre part, la bobine annulaire parcourue par le courant i équivaut à un aimant de moment Si; par suite, le couple auquel est soumise la bobine annulaire, lorsqu'elle est infiniment peu écartée de sa position d'équilibre, est égal au produit de l'angle d'écart par $4\pi ni \times Si$. On a donc, d'après les lois connues du mouvement oscillatoire,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{K}{4\pi ni \times Si}}, \qquad \text{d'où l'on tire} \qquad iT = \sqrt{\frac{K\pi}{nS}};$$

nous désignerons cette constante de l'appareil par la lettre q.

» On voit que, à l'aide de l'appareil précédent, on peut déterminer en valeur absolue électromagnétique la quantité d'électricité débitée par un courant pendant un temps quelconque, sans que l'on ait à mesurer séparément, comme on le fait habituellement : le temps, d'une part, et l'intensité du courant, d'autre part. On pourrait, en particulier, appliquer cette méthode à la détermination directe des équivalents électrochimiques, et aussi à la mesure du nombre V.

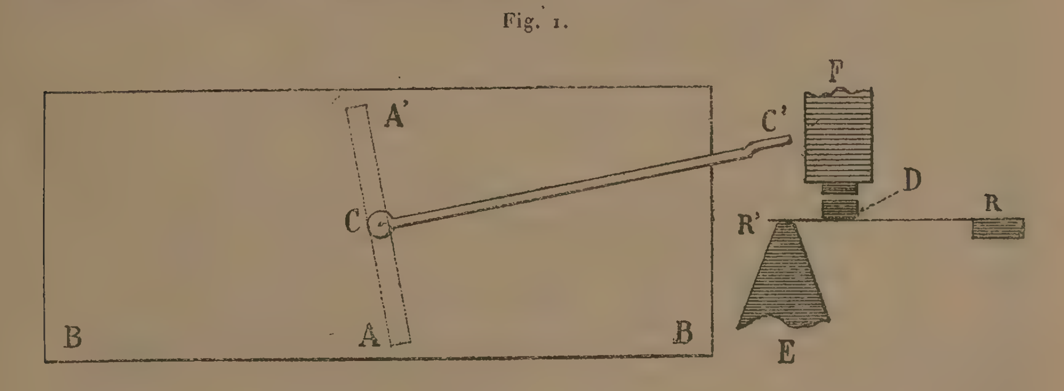
» Pour faire de l'appareil un compteur d'électricité applicable aux besoins de l'industrie, il suffit d'adjoindre aux deux bobines un dispositif destiné à entretenir et à compter automatiquement les oscillations : chacune d'elles accuse, en effet, le passage d'une quantité d'électricité égale à q, quelle qu'ait été l'intensité du courant au moment où elle s'est effectuée, et, par conséquent, pour obtenir la quantité totale d'électricité qui a traversé la section du circuit pendant un certain laps de temps, on n'a qu'à multiplier q par le nombre des oscillations effectuées pendant ce laps de temps. Ceci n'est, il est vrai, exact en toute rigueur que si les variations dans l'intensité du courant ont lieu exclusivement à des instants où la bobine annulaire passe par la position d'équilibre; toutefois, dans la pratique et, en particulier, dans l'application à l'éclairage électrique, l'erreur qui provient de ce que cette coïncidence n'a pas lieu, en général, est absolument négligeable.

» Voici la disposition que j'emploie pour entretenir et compter automatiquement les oscillations.

» Dans mon appareil, le mouvement oscillatoire de la bobine annulaire a lieu d'un côté seulement de son azimut d'équilibre.

» La figure ci-jointe représente les organes essentiels du compteur, vus par-dessus. Un bras horizontal CC′ est fixé à une tige verticale, solidaire

Fig. 1.



elle-même de la bobine annulaire AA′ dont elle forme l'axe de rotation. Lorsque la bobine annulaire a été écartée de son azimut d'équilibre, l'action électrodynamique l'y ramène; mais, au moment où elle l'atteint, le bras CC′ vient buter contre un ressort RR′, formé d'une lame métallique plane. L'une des extrémités, R, de ce ressort est fixée invariablement; l'autre extrémité R′ est maintenue appliquée contre un obstacle fixe E par l'armature D d'un électro-aimant F qui infléchit légèrement la lame, pen-

dant tout le temps que cet électro-aimant n'est pas en activité. Les choses sont disposées de façon que le bras CC′, en touchant le ressort RR′, ferme le circuit de l'électro-aimant : aussitôt, le ressort, rendu libre, donne au bras



Fig. 2.

une impulsion quasi instantanée qui l'écarte de nouveau, et ainsi de suite. Un cliquet mû par l'armature de l'électro-aimant fait, à chacune des demi-oscillations de la bobine, avancer d'une dent la première roue d'un compteur de tours.

» On voit que le mouvement oscillatoire de la bobine annulaire est indépendant de la résistance passive du compteur de tours, puisque c'est l'électro-aimant qui fait mouvoir ce dernier. La grandeur de l'impulsion donnée par le ressort à l'équipage mobile est sans influence sur la durée de l'oscillation, à condition que l'écart reste petit.

» Plusieurs modèles de cet appareil ont été exécutés au Laboratoire de Physique de la Faculté des Sciences de Nancy; le type industriel a été établi par la maison E. Ducretet. Dans ce dernier, on a raccourci la bobine fixe, afin de diminuer la résistance; le calcul de la constante iT en partant des données qui définissent la construction de l'appareil est alors plus compliqué, mais on obtient aisément la valeur en coulombs de cette constante en faisant circuler dans le compteur un nombre connu d'ampères et déterminant la durée correspondante de l'oscillation.

» De nombreux essais ont montré que le produit iT, ou, ce qui revient au même, le rapport de l'intensité i au nombre d'oscillations effectuées dans un temps donné, est bien indépendant de i, jusqu'à la plus grande intensité que le fil des appareils actuels puisse supporter, c'est-à-dire environ 11 ampères. Dans le diagramme ci-joint (*fig.* 2), on a porté en abscisses les intensités du courant mesurées en ampères, et en ordonnées les nombres correspondants d'oscillations effectuées en vingt secondes; les intensités étaient mesurées, au-dessous d'un ampère, à l'aide d'une balance de Lord Kelvin et, au-dessus, à l'aide d'un ampèremètre optique très précis, étalonné à l'aide de la balance même. Les points du diagramme sont sensiblement sur une ligne droite passant par l'origine, comme la proportionnalité indiquée par la théorie l'exige; c'est seulement au-dessous de $0^{\text{amp}},5$ que le produit iT commence à devenir un peu trop fort, ce qui tient à ce que l'amplitude des oscillations est alors trop grande pour que l'isochronisme subsiste rigoureusement. L'inexactitude est toutefois minime, et absolument négligeable dans les applications.

» L'appareil obéit instantanément aux variations les plus brusques de l'intensité du courant; il s'applique aussi bien aux courants alternatifs qu'aux courants continus. Le démarrage a lieu sans exception, même pour des courants inférieurs à $0^{\text{amp}},1$, grâce à un dispositif dont la description ne peut trouver place ici [1]. »

---

(1) Le principe et la description complète du compteur qui fait l'objet de la présente Note ont été donnés par moi à l'occasion de la prise d'un brevet, dès le 13 mars 1897. Toutefois, j'ai cru devoir attendre, pour en entretenir l'Académie, que le modèle industriel fût définitivement établi.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'une Commission de sept membres qui sera chargée de présenter des candidats au prix *Leconte*. Les quatre membres du Bureau seront adjoints à cette Commission.

MM. Bouchard, Duclaux, Marey, Milne-Edwards, Darboux, Moissan et Mascart réunissent la majorité des suffrages.

En conséquence, la Commission se composera de MM. **Wolf, Van Tieghem, Bertrand, Berthelot, Bouchard, Duclaux, Marey, Milne-Edwards, Darboux, Moissan** et **Mascart.**

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats à présenter à M. le Ministre de l'Instruction publique, pour une place devenue vacante au Bureau des Longitudes par suite de la nomination de M. le colonel *Bassot* à la place de géographe.

Au premier tour de scrutin, destiné à la désignation du premier candidat, le nombre des votants étant 45,

M. Lippmann obtient. . . . . 42 suffrages
M. Appell » . . . . 3 »

Au second tour de scrutin, destiné à la désignation du second candidat, le nombre des votants étant 39,

M. Appell obtient. . . . . 39 suffrages

En conséquence, la liste présentée par l'Académie à M. le Ministre de l'Instruction publique comprendra :

En première ligne. . . . . M. **Lippmann**,
En seconde ligne . . . . M. **Appell.**

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Un Ouvrage en quatre Volumes de M. *Charles Méray*, ayant pour titre : « Leçons nouvelles sur l'Analyse infinitésimale et ses applications géométriques ». (Présenté par M. Darboux.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles du second ordre à points critiques fixes*. Note de M. **Paul Painlevé**, présentée par M. Picard.

« Considérons une équation du second ordre

$$y'' = R(y', y, x),$$

où R est rationnel en y', algébrique en y, analytique en x.

» Dans une Note antérieure, j'ai montré que les équations de cette forme à points critiques fixes forment *six* classes distinctes, et j'ai déterminé explicitement *toutes les équations des quatre dernières classes*. Je me propose de déterminer, dans cette Note, toutes les équations de la *première* classe, c'est-à-dire *toutes les équations, à points critiques fixes, de la forme*

$$(1)\quad y'' = y'[a(x)y + b(x)] + A(x)y^3 + B(x)y^2 + C(x)y + D(x).$$

» Quand l'équation (1) a ses points critiques fixes, *a priori* son intégrale peut présenter des pôles mobiles et des points essentiels mobiles (isolés ou non). J'établis d'abord (ce qui n'est nullement évident) que, *si les points critiques de* (1) *sont fixes, il existe sûrement des pôles mobiles*.

» Pour faire cette démonstration, j'observe d'abord que la transformation

$$(2)\qquad y = \lambda(x)Y + \mu(x), \qquad x = \varphi(X)$$

conserve la forme de l'équation (1).

» Je montre ensuite que si l'équation (1) a ses points critiques fixes, il en est de même *a fortiori* de l'équation

$$(1)'\qquad \frac{d^2y}{dx^2} = a(x_0)y\frac{dy}{dx} + A(x_0)y^3,$$

où x_0 est une constante numérique quelconque. Cette dernière équation s'intègre aisément. Si elle a ses points critiques fixes, on voit sans peine qu'une transformation (2) convenable donne aux deux fonctions a, A une des expressions suivantes :

$$\begin{array}{lll}
\text{(I)} & a(x) \equiv -3, & \mathrm{A}(x) \equiv -3, \\
\text{(II)} & a(x) \equiv -2, & \mathrm{A}(x) \equiv 0, \\
\text{(III)} & a(x) \equiv 0, & \mathrm{A}(x) \equiv 0, \\
\text{(IV)} & a(x) \equiv -1, & \mathrm{A}(x) \equiv -1, \\
\text{(V)} & a(x) \equiv 0, & \mathrm{A}(x) \equiv 2.
\end{array}$$

» De plus, il est loisible de supposer $b \equiv 0$.

» Ces premières conditions remplies, je montre que l'équation (1) a sûrement des points critiques mobiles, *à moins qu'elle ne possède des pôles mobiles*, pôles qui, dans les cas (IV) et (V), doivent correspondre à *deux* développements distincts.

» Si l'on exprime qu'il en est ainsi ([1]), on trouve que, moyennant une transformation (2), les équations (1) considérées sont réductibles à une des formes

$$\begin{array}{lll}
\text{(I)} & y'' = -3yy' - y^3 + \mathrm{C}(x)y + \mathrm{D}(x), & \\
\text{(II)} & y'' = -2yy' + \mathrm{D}(x), & \\
\text{(III)} & y'' = 0 \quad \text{ou} \quad y'' = y^2 + \alpha x + \beta, & (\alpha, \beta \text{ const. numériques}). \\
\text{(IV)} & y'' = -yy' + y^3 + 2\mathrm{C}(x)y - 2\mathrm{C}'(x), & \text{avec} \quad \mathrm{C}'' + \dfrac{\mathrm{C}^2}{2} + \alpha x + \beta = 0, \\
\text{(V)} & y'' = 2y^3 + (\alpha x + \beta)y + \gamma, & (\alpha, \beta, \gamma \text{ const. numériques}),
\end{array}$$

» L'équation (II) s'intègre immédiatement; l'équation (I) se ramène à une équation linéaire en posant $y = \frac{z'}{z}$. Enfin, l'équation (IV) se ramène au type (III) $z'' = z^2 + \alpha x + \beta$ par le changement de variables

$$z = y' + y^2 - \frac{\mathrm{C}}{2}, \qquad y = \frac{z' + \mathrm{C}'}{z + \mathrm{C}}.$$

» Nous n'avons donc plus à étudier que les types (III) et (V) qui sont

---

([1]) M. Picard (*Acta mathematica*, 1893) a indiqué succinctement le moyen de former ces conditions. *Dans le cas où x ne figure pas dans* (1), M. Mittag-Leffler (*Acta mathematica*, 1894) les a formées explicitement et a montré que, si elles sont remplies, l'équation (1) s'intègre et a son intégrale méromorphe.

réductibles aux suivants :

$$y''=0, \quad y''=6y^2, \quad y''=6y^2+1, \quad y''=6y^2+x,$$
$$y''=2y^3, \quad y''=2y^3+1, \quad y''=2y^3+y+\gamma, \quad y''=2y^3+xy+\gamma.$$

» Les seuls types non intégrables sont les types

$$(\mathrm{E}) \qquad y''=6y^2+x,$$
$$(\mathrm{E}_1) \qquad y''=2y^3+xy+\gamma, \qquad (\gamma \text{ const. numérique}),$$

qu'on peut réunir dans le type unique

$$(e) \qquad y''=\alpha y^3+y^2+3\alpha xy+x, \quad (\alpha \text{ const. numérique}).$$

» *Ces dernières équations* (e) *ont-elles vraiment leurs points critiques fixes?* C'est là le point le plus délicat de la méthode. J'indiquerai seulement le principe du raisonnement pour l'équation (E).

» Si l'on pose $\frac{1}{z}=\frac{y'^2}{2}-2y^3-xy$, $u=\frac{z'+1}{z}$, les fonctions $z(x)$ et $u(x)$ vérifient le système différentiel

$$(3) \quad \left\{\begin{aligned} &\frac{dz}{dx}=uz-1,\\ &z^2\frac{du}{dx}=2-3uz+u^2z^2-\sqrt{4(1-uz)^3-2z^4[z+x(uz-1)]},\end{aligned}\right.$$

dont les coefficients différentiels ont une branche holomorphe pour $x=x_0$, $z=0$, $u=u_0$. Soit $x=a$ une valeur de x où une intégrale $y(x)$ de (E) cesse d'être holomorphe. Si je montre que, dans le voisinage de $x=a$, il existe des valeurs x_0 de x pour lesquelles $z(x)$ est très petit, $u(x)$ et $u'(x)$ finis, il est clair que $z(x)$ sera holomorphe pour $x=a$, et, par suite, $y(x)$ méromorphe. J'effectue cette démonstration en introduisant la transformation $x=a+\rho X$, $y=\frac{Y}{\rho^2}$, et en étudiant, dans une première approximation, le système différentiel correspondant à $\rho=0$.

» *L'intégrale de l'équation* (E) *est donc méromorphe dans tout le plan.* J'établis de plus qu'elle est *irréductible*, c'est-à-dire qu'elle renferme l'une et l'autre *des deux* constantes d'une façon *transcendante*, de quelque façon qu'on les choisisse.

» Les mêmes résultats et méthodes s'appliquent à l'équation (E).

» *J'ai donc bien obtenu explicitement toutes les équations* (1) *à points critiques fixes*. Parmi ces équations, *les seules qui ne soient pas réductibles aux équations connues, sont réductibles algébriquement aux types* (E), (E_1) *ou* (*si*

l'on veut) au type unique (e). *L'intégrale des équations* (E), (E_1) *est une fonction* MÉROMORPHE *dans tout le plan, irréductible aux transcendantes uniformes engendrées par les équations linéaires, les fonctions abéliennes, etc. et par leurs combinaisons.*

» Si l'on pose pour (E)

$$z = \frac{y'^2}{2} - 2y^3 - xy \qquad \text{et} \qquad z = \frac{u'}{u},$$

pour (E_1)

$$z = y'^2 - y^4 - xy^2 - 2\gamma y \qquad \text{et} \qquad z = \frac{u'}{u},$$

la fonction $u(x)$ *est une fonction* ENTIÈRE *qui vérifie une équation très simple du troisième ordre,* et l'on a pour (E), $y = (\log u)''$, et pour E_1, $-y^2 = (\log u)''$.

» Il ne me reste plus qu'à indiquer les équations à points critiques fixes de la deuxième classe. C'est ce que je ferai très prochainement. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de l'intégration au point de vue des variables réelles.* Note de M. **R. Baire**, présentée par M. E. Picard.

« I. Lorsqu'on se sert de la théorie du changement de variables dans une question d'Analyse, on suppose implicitement la continuité des dérivées qu'on emploie. Pour prendre un exemple très simple, soit une fonction $f(x, y)$; faisons le changement de variables

$$x = X + Y,$$
$$y = X - Y;$$

les formules connues

$$\frac{\partial f}{\partial X} = \frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial y},$$
$$\frac{\partial f}{\partial Y} = \frac{\partial f}{\partial x} - \frac{\partial f}{\partial y}$$

ne sont valables que si l'on suppose $\frac{\partial f}{\partial x}$ et $\frac{\partial f}{\partial y}$ continues. Si l'on suppose seulement l'existence de ces dérivées en chaque point, il peut arriver que les formules ne s'appliquent pas; c'est ce qui a lieu, par exemple, à l'origine, pour la fonction qui est égale à zéro au point $x = 0$, $y = 0$, et à $\frac{xy}{\sqrt{x^2 + y^2}}$ aux autres points.

» II. Cette remarque étant faite, considérons une équation aux dérivées

partielles, et posons le problème de l'intégration de la manière suivante : *Rechercher toutes les fonctions de variables réelles, assujetties seulement aux conditions strictement indispensables pour que les éléments qui entrent dans l'équation aient un sens déterminé et vérifient cette équation.*

» En prenant comme exemple l'équation très simple

$$\frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial y} = 0,$$

il faudra déterminer toutes les fonctions de x et y, qui, en chaque point, sont continues par rapport à chacune des variables et possèdent des dérivées $\frac{\partial f}{\partial x}$ et $\frac{\partial f}{\partial y}$ satisfaisant à la relation donnée.

» Le problème étant ainsi posé, le raisonnement qui consiste à prendre comme nouvelle variable $X = x - y$ et à constater que la fonction ne dépend que de X est insuffisant, puisqu'il suppose la continuité des dérivées.

» III. Pour essayer de traiter la question avec le minimum d'hypothèses possible, il convient tout d'abord de faire une étude des conséquences qu'entraîne, pour une fonction de deux variables, l'hypothèse de l'existence de dérivées partielles en chaque point. Je me propose d'indiquer ici les résultats que j'ai obtenus dans cet ordre d'idées.

» *Si, en tout point, la fonction possède des dérivées* $\frac{\partial f}{\partial x}$ *et* $\frac{\partial f}{\partial y}$, *il y a, dans toute aire, des points en chacun desquels ces dérivées sont continues par rapport à l'ensemble* (x, y); *soit* $A[x_0, y_0]$ *un de ces points, que nous appellerons points réguliers; à tout nombre positif* ε *on peut faire correspondre un cercle de centre* A, *tel que,* M_1 *et* M_2 *étant deux points quelconques pris dans ce cercle, on a*

$$\left| \frac{f(M_2) - f(M_1)}{\text{longueur } M_1 M_2} - \left[\frac{\partial f}{\partial x}(x_0, y_0)\cos\alpha + \frac{\partial f}{\partial y}(x_0, y_0)\sin\alpha \right] \right| < \varepsilon,$$

α étant l'angle de la direction $M_1 M_2$ avec Ox.

» Plus généralement, prenons, dans le plan, un ensemble parfait E (qui pourra être, soit une aire, soit une courbe, soit un ensemble non dense par rapport à toute courbe continue).

» *Au voisinage de tout point de* E *existent des points de* E *que j'appellerai réguliers par rapport à* E; *si* $A[x_0, y_0]$ *est un de ces points, l'inégalité précédente a lieu dans un cercle de rayon suffisamment petit, si l'on prend pour* M_1 *et* M_2 *deux points de l'ensemble* E.

» On peut exprimer ces résultats de la manière suivante : *Si l'on a un*

ensemble parfait E, *d'ailleurs quelconque, il y a toujours dans cet ensemble des points dans le domaine desquels la théorie du changement de variables peut s'appliquer, pourvu qu'on ne considère que les points de l'ensemble* E.

» IV. Assujettissons maintenant notre fonction à vérifier l'équation $\frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial y} = 0$, et considérons les valeurs qu'elle prend sur la droite $x - y =$ const. On a ainsi une fonction d'une variable $\varphi(t)$; en interprétant les résultats du paragraphe précédent, on reconnaît que cette fonction a les propriétés suivantes :

» E *étant un ensemble parfait de points* (qui peut être le continu, ou un ensemble non dense), *il y a, au voisinage de tout point de* E, *des points de* E, *qu'on peut appeler stationnaires par rapport à* E : *si* $A[t_0]$ *est un de ces points, à tout nombre positif* ε *correspond un nombre* α, *tel que* M_1 *et* M_2 *étant deux points de* E *pris dans l'intervalle* $(t_0 - \alpha, t_0 + \alpha)$, *on a*

$$\left| \frac{f(M_2) - f(M_1)}{\overline{M_1 M_2}} \right| < \varepsilon.$$

» Par analogie avec la notion de fonction *ponctuellement discontinue*, je dirai que la fonction $\varphi(t)$ est *ponctuellement variable, relativement à tout ensemble parfait*.

» J'énonce le théorème suivant :

» *Une fonction d'une variable, qui est continue, et qui est ponctuellement variable relativement à tout ensemble parfait, est constante.*

» Ce qui me semble donner de l'intérêt à ce théorème, c'est qu'il existe des fonctions continues, non constantes, et telles que dans tout intervalle il en existe un autre où elles sont constantes; autrement dit, une fonction peut être *continue*, et être *ponctuellement variable relativement au continu*, sans être constante.

» Le théorème qui précède permet d'intégrer l'équation aux dérivées partielles, dans le cas où l'on suppose, outre les conditions indispensables, la continuité de la fonction par rapport à l'ensemble (xy); *on voit, en effet, que la fonction doit être alors constante sur chaque droite* $x - y =$ const.

» V. Ce que nous venons de dire relativement à l'équation $\frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial y} = 0$ peut s'étendre à toute équation de la forme

$$X(x, y)\frac{\partial f}{\partial x} + Y(x, y)\frac{\partial f}{\partial y} = 0$$

dans toute aire où, en chaque point, passe une courbe caractéristique déterminée.

» Si la fonction doit être continue par rapport à l'ensemble (xy), elle doit être constante sur les caractéristiques, *la chose étant démontrée indépendamment de toute hypothèse sur les dérivées autre que celle de leur existence.* »

PHYSIQUE. — *Sur le mélange des gaz.*
Note de M. **Daniel Berthelot**, présentée par M. H. Becquerel.

« Dalton a énoncé la loi suivante :

» I. *La pression d'un mélange de gaz est égale à la somme des pressions que prendrait chacun d'eux s'il occupait seul le volume total.*

» Mais les physiciens qui ont étudié avec précision les propriétés des gaz ont reconnu qu'un gaz ne peut pas être regardé comme possédant dans un mélange la même tension que dans le vide.

« Dans l'air atmosphérique, dit M. Amagat (*Annales de Chimie et de*
» *Physique*, 5e série, t. XIX, p. 384; 1880), l'oxygène et l'azote semblent se
» comprimer séparément comme s'ils étaient seuls, non pas à la pression
» qu'ils ont dans le mélange, mais à celle du mélange même. »

» Dans le même ordre d'idées, M. Sarrau (*Introduction à la Théorie des explosifs*, p. 25; 1893) substitue l'énoncé suivant à celui de Dalton :

» II. « *Le volume spécifique* (volume de l'unité de poids sous la pression
» atmosphérique normale) *d'un mélange de gaz est égal à la moyenne com-*
» *posée des volumes spécifiques des gaz mélangés.* »

» M. Leduc, qui a été amené par ses études sur les gaz à des énoncés analogues, a fait sur la question, en collaboration avec M. Sacerdote, deux séries d'expériences (*Comptes rendus*, 17 et 24 janvier 1898) : la première sur les densités, la seconde sur les pressions des mélanges. Ces deux séries indépendantes conduisent aux mêmes conclusions : l'énoncé I est toujours en défaut; l'énoncé II se vérifie exactement pour le mélange des gaz anciennement dits *permanents*, et approximativement pour le mélange des gaz à peu près également compressibles (Az^2O et CO^2 par exemple), mais ne se vérifie plus pour deux gaz quelconques (CO^2 et SO^2).

» L'énoncé II n'est donc pas général. Je me propose de montrer que le problème peut être résolu par l'application des principes qui m'ont déjà servi à la détermination exacte des poids moléculaires des gaz.

» Soient deux gaz G et G' dont on a mesuré les volumes et les pressions. Pour trouver la pression du mélange quand on met les deux récipients en communication, on peut raisonner de la manière suivante : On suppose les deux gaz placés dans des

récipients fermés par des pistons mobiles; on soulève ces pistons jusqu'à ce que la pression des gaz dans les récipients soit devenue infiniment faible. A ce moment on les met en communication. Les gaz étant arrivés à l'état de gaz parfaits, la pression du mélange se calcule indifféremment par l'énoncé I ou l'énoncé II. La diffusion étant effectuée, on ramène les pistons à leur position primitive.

» Les variations de pression des gaz G et G′ pendant la phase de détente se calculent par la formule de Van der Waals :

$$(1)\qquad \left(p+\frac{\alpha}{v^2}\right)(v-\beta)=\mathrm{RT},$$

$$(2)\qquad \left(p+\frac{\alpha'}{v^2}\right)(v-\beta')=\mathrm{RT},$$

v représentant le volume d'une molécule de gaz sous une pression de p atmosphères et à la température absolue T; α, α' les attractions spécifiques moléculaires; β, β' les covolumes des gaz G et G′; R une constante qui a la valeur commune $\frac{1}{273,22}$ pour les divers gaz, si l'on prend pour unité de volume le volume occupé par une molécule d'un gaz parfait à 0° et sous la pression atmosphérique normale.

» Les variations de pression du mélange pendant la compression se calculent par la formule analogue

$$(3)\qquad \left(p+\frac{\mathrm{A}}{v^2}\right)(v-\mathrm{B})=\mathrm{R_1T}.$$

» Reste à savoir comment, étant donné qu'un volume du mélange, mesuré à 0° et sous la pression atmosphérique normale, contient p molécules de G et q molécules de G′, on peut calculer les coefficients A, B, $\mathrm{R_1}$ du mélange en fonction des coefficients α, α', β, β', R des gaz séparés. Reportons-nous à la signification physique de ces coefficients.

» Le covolume représente un multiple du volume des molécules du gaz. Le covolume d'un mélange est donc égal à la moyenne composée des covolumes des constituants

$$(4)\qquad \mathrm{B}=\frac{p\beta+q\beta'}{p+q}.$$

» Calculons maintenant A. L'attraction réciproque de deux molécules identiques du gaz G est proportionnelle à α; celle de deux molécules de G′ à α'; par raison de symétrie nous admettrons que l'attraction d'une molécule de G sur une molécule de G′ est proportionnelle à $\sqrt{\alpha\alpha'}$. Ceci posé, on trouve sans difficulté

$$(5)\qquad \mathrm{A}=\frac{p^2\alpha+2pq\sqrt{\alpha\alpha'}+q^2\alpha'}{(p+q)^2}.$$

» Enfin, si T = 0° C. ou 273°, 22 absolus

$$(6)\qquad \mathrm{R_1T}=p+q.$$

» Ces formules résolvent complètement la question. Je vais les appliquer à quelques cas particuliers. Toutes les expériences sont supposées faites à 0° C.

» Le Tableau suivant donne les constantes α, α' de la formule de Van der Waals, calculées comme je l'ai indiqué dans mes Communications antérieures, pour représenter les expériences au voisinage de la pression atmosphérique, et les volumes v_m occupés par une molécule de chaque gaz à 0° et 1 atmosphère, le volume occupé par une molécule de gaz parfait étant égal à 1 :

	H.	Az.	O.	CO^2.	Az^2O.	SO^2.
α	0,00075	0,00105	0,00159	0,00913	0,01024	0,02840
β	0,00121	0,00067	0,00083	0,00243	0,00268	0,00535
v_m	1,00046	0,99962	0,99924	0,99326	0,99239	0,97642

» 1° Mélange de deux gaz identiques. — Mettons en communication deux ballons égaux remplis d'un même gaz sous la pression atmosphérique. Il ne peut évidemment y avoir changement de pression. Les formules données plus haut conduisent, en effet, à une variation de pression identiquement nulle. L'énoncé de Dalton exigerait une augmentation de pression de $0^{atm},0034$ avec deux ballons remplis de CO^2, de $0^{atm},0120$ avec deux ballons remplis de SO^2.

» 2° Mélange de deux gaz permanents. — A. *Mélange atmosphérique.* — Soient deux ballons, l'un de 79^{lit} rempli d'azote, l'autre de 21^{lit} rempli d'oxygène sous la pression atmosphérique. Mettons-les en communication. Le calcul montre que l'augmentation de pression est $0^{atm},00001$. Elle est donc inférieure aux erreurs de mesure et l'on peut faire usage de l'énoncé II pour déduire des densités de l'oxygène et de l'azote atmosphérique la proportion de ces deux gaz dans l'air. C'est ce que confirme l'expérience.

» B. *Mélange tonnant.* — Dans le cas où l'hydrogène est un des gaz mélangés, comme il s'écarte de la loi de Mariotte, en sens inverse des autres gaz, le calcul indique une augmentation de pression du même ordre, mais plus forte. Recueillons, sous la pression atmosphérique, dans deux voltamètres, les gaz provenant de l'électrolyse de l'eau, puis mélangeons-les; l'augmentation de pression sera $0^{atm},00004$: quantité à peine supérieure aux erreurs d'expérience.

» 3° Mélange de deux gaz de compressibilité voisine. — Mettons en communication deux ballons de 1^{lit} remplis l'un de CO^2, l'autre de Az^2O sous la pression atmosphérique; le calcul montre que l'augmentation de pression sera $0^{atm},00013$.

» M. Sacerdote a trouvé expérimentalement $0^{atm},00011$; la concordance est très satisfaisante. L'énoncé de Dalton exigerait une augmentation de $0^{atm},00361$, c'est-à-dire environ trente fois aussi grande.

» 4° Mélange de deux gaz quelconques. — Voici le détail du calcul dans ce cas :

» Prenons deux ballons égaux, remplis, l'un de CO^2, l'autre de SO^2, sous la pression atmosphérique. D'après le Tableau précédent, 1 molécule de CO^2 occupe, sous la pression atmosphérique, $0^{vol},99326$; et par suite, le premier ballon, dont nous pouvons supposer le volume égal à 1, contient $1^{mol},00679$ de CO^2. Le second ballon contient $1^{mol},02415$ de SO^2. Sous une pression infiniment faible, les volumes moléculaires des divers gaz deviennent égaux; la masse de CO^2, soumise à l'expérience, prendra donc un volume proportionnel à 1,00679 et la masse de SO^2, un volume proportionnel à 1,02415. Faisant usage des équations (3), (4), (5), (6), nous obtenons l'équation de compressibilité suivante, pour la masse du mélange qui, ramenée à la

pression atmosphérique, occupe 1^{vol} :

$$\left(p + \frac{0,017518}{v^2}\right)(v - 0,003901) = 1,01547.$$

D'où l'on tire, pour $v = 1$, $p = 1^{atm},0019$.

» L'augmentation de pression est donc, dans ce cas, de $0^{atm},0019$. M. Sacerdote a trouvé par expérience $0^{atm},0018$. La concordance est fort bonne.

» L'énoncé I conduirait à une augmentation de pression de $0^{atm},0077$, c'est-à-dire quatre fois aussi forte; l'énoncé II, à une augmentation de pression nulle.

» La théorie développée plus haut est donc la seule qui soit dans tous les cas en accord avec l'expérience. »

OPTIQUE. — *Sur l'étude des radiations du mercure et la mesure de leurs longueurs d'onde.* Note de MM. **Ch. Fabry** et **A. Perot**, présentée par M. A. Cornu.

« La méthode que nous avons précédemment décrite pour la détermination des numéros d'ordre des franges d'ordre élevé exige la connaissance exacte des rapports des longueurs d'onde des radiations employées. Ces radiations sont, outre deux radiations du cadmium, celles qui correspondent à la raie verte et aux deux raies jaunes du mercure. Nous avons dû en faire une étude préalable et en mesurer les longueurs d'onde par comparaison avec celles des raies du cadmium.

» 1° *Étude par le spectroscope interférentiel* (1) *des radiations du mercure.* — Nous avons déjà indiqué les résultats de cette étude pour la radiation verte. Les deux raies jaunes étant assez voisines dans le spectre (leur distance n'atteint pas quatre fois celle des raies D_1 et D_2), il a fallu, pour les séparer, employer un système dispersif plus puissant que celui qui nous avait servi dans nos recherches précédentes. Au moyen de deux prismes à sulfure de carbone de 60° on produit un spectre de la lumière émise par le tube. Une fente laisse passer seulement celle des deux radiations jaunes que l'on veut étudier.

» La moins réfrangible des deux raies jaunes est composée d'une radiation principale et d'une plus faible, de longueur d'onde un peu plus

(1) *Comptes rendus*, t. CXXVI, p. 34, 331, 407.

petite; la différence des longueurs d'onde est en valeur relative :

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = -22,5.10^{-6}.$$

» La plus réfrangible des raies jaunes est également double, mais la composante la plus faible est la moins réfrangible; la distance des composantes est à peu près trois fois plus petite que pour l'autre raie :

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 8,3.10^{-6}.$$

» Les composantes de ces deux raies jaunes sont d'ailleurs très fines, quand le tube n'est pas trop chaud.

» L'existence de ces radiations secondaires complique un peu les phénomènes dans lesquels les deux raies jaunes interviennent à la fois, comme c'est le cas dans nos déterminations de numéros d'ordre. Toutefois si, dans le système de franges, les composantes principales des deux raies sont en *coïncidence,* leur éclat surpasse de beaucoup celui des composantes secondaires, et, quoique ces dernières soient parfois bien visibles, le phénomène conserve une grande netteté. Au contraire, lorsqu'il y a *discordance* des radiations principales, les raies secondaires qui peuvent être superposées prennent une importance relative plus grande et peuvent compliquer le phénomène. Aussi utilisons-nous toujours, dans les déterminations des numéros d'ordre ou des longueurs d'onde, les deux raies jaunes, lorsque les franges qu'elles donnent sont en *coïncidence*. Les longueurs d'onde que nous allons déterminer se rapportent, pour chaque raie, à la *composante principale*.

» 2° *Mesure des longueurs d'onde.* — Les mesures se font par des observations identiques à celles qui nous servent à déterminer les numéros d'ordre; le calcul seul diffère un peu, parce que les longueurs d'onde des radiations du mercure sont à déterminer.

» Les anciennes mesures, faites au moyen de réseaux, donnent de ces longueurs d'onde une première valeur approchée. Ces valeurs permettent de calculer les périodes des coïncidences des radiations à étudier, soit entre elles, soit avec les raies du cadmium. On pourra, par suite, calculer des Tables des coïncidences de ces diverses radiations, et ces Tables ne présenteront que des erreurs minimes, tant que le numéro d'ordre des franges n'atteindra qu'une valeur médiocre (quelques milliers, par exemple); d'autre part, les coïncidences des raies du cadmium entre elles peuvent

être exactement calculées, grâce aux mesures de M. Michelson. Plaçant les deux lames de l'appareil interférentiel à une distance de 1^{mm}, par exemple, on fera les observations des coïncidences comme s'il s'agissait simplement de déterminer un numéro d'ordre.

» En comparant les observations avec les tables approchées de coïncidences, on trouvera qu'une certaine hypothèse, et une seule, sur les numéros des franges observées, permet de faire concorder à peu de chose près, les phénomènes observés avec les phénomènes calculés. Si plusieurs hypothèses sont admissibles, c'est que l'on a commencé par une épaisseur trop grande, et il faudra recommencer l'observation sur des franges d'ordre moins élevé. Dans le cas où une seule hypothèse est admissible, le petit écart existant entre l'observation et le calcul indique que les valeurs primitivement admises pour les longueurs d'onde ne sont pas tout à fait exactes, et permet de corriger ces valeurs. On en déduira des valeurs plus rigoureuse des périodes, et par suite des Tables de coïncidence plus exactes, au moyen desquelles on pourra refaire les mêmes opérations en opérant sur des franges d'ordre plus élevé, double par exemple. Cette nouvelle observation permettra de corriger à nouveau les longueurs d'onde et, en continuant ainsi, on obtiendra des valeurs de plus en plus précises. Nous avons augmenté l'intervalle entre les deux lames jusqu'à 32^{mm}. Les valeurs obtenues paraissent exactes à 2.10^{-7} en valeur relative.

» Dans les chiffres suivants il peut y avoir une erreur d'au plus une unité sur l'avant-dernier (7e) chiffre. Les nombres suivants ont été calculés en admettant pour la raie verte du cadmium le nombre de M. Michelson; ils se rapportent donc, comme ce dernier, à 15° sous la pression de 760^{mm}

1re raie jaune.............	$\lambda = 0^{\mu},57906593$
2e »	$\lambda = 0,57695984$
Raie verte................	$\lambda = 0,54607427$

» Les mêmes procédés seraient applicables à la mesure de la longueur d'onde d'une radiation quelconque, mais les tâtonnements seront un peu simplifiés, parce que par la méthode que nous avons décrite, et grâce aux résultats que nous venons d'indiquer, on peut déterminer sans ambiguïté le numéro d'ordre d'une frange. Il suffira dès lors d'observer les coïncidences de la radiation étudiée avec l'une des radiations connues. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la résistance électrique des aciers.* Note de **M. H. Le Chatelier**, présentée par M. A. Carnot.

« Les recherches sur la résistance électrique des aciers ont, jusqu'ici, principalement porté sur les aciers extra-doux servant à la fabrication des fils télégraphiques. Elles ont mis en évidence ce fait que les variations de résistance d'un métal à un autre dépendaient à peu près exclusivement de leur teneur relative en manganèse.

» J'ai pensé qu'il serait intéressant d'étudier d'une façon plus systématique l'influence des divers corps qui peuvent se rencontrer dans les aciers et, en particulier, celle du carbone. J'ai utilisé, dans ce but, les échantillons qui ont servi à Mme Slodowska Curie pour ses recherches sur les propriétés magnétiques des aciers [1].

» Les échantillons d'acier avaient la forme de barreaux carrés de 1^{cm} de côté et 20^{cm} de long. Ils ont été recuits pendant plusieurs heures aux environs de 600°. Leur composition chimique a été déterminée, au laboratoire de l'École des Mines, par MM. Moutonet et Goutal. Dans les Tableaux suivants, les nombres expriment des résistances spécifiques (microhm-centimètre cube).

Influence du carbone.

Résistance.	Composition. C.	Mn.	Si.
10	0,06	0,13	0,05
12,5	0,20	0,15	0,08
14	0,49	0,24	0,05
16	0,84	0,24	0,13
18	1,21	0,21	0,11
18,4	1,40	0,14	0,09
19	1,61	0,13	0,08

» La résistance électrique croît donc bien nettement avec la teneur en carbone; son accroissement est en moyenne de 7 microhms par 1 pour 100 de carbone en poids, ou de 1,5 microhm par 1 pour 100 d'atome de carbone sur 100 atomes de fer et carbone.

» Les aciers recuits sont constitués par des lamelles enchevêtrées de *ferrite* (fer pur) et *cémentite* (carbure de fer, Fe^3C). Par extrapolation des

(1) *Société d'encouragement*, t. III, p. 36; janvier 1898.

résultats précédents, on trouverait pour la résistance de ces deux constituants envisagés isolément

Ferrite	9,5
Cémentite	45

Influence du silicium.

Résistance.	Composition. C.	Si.
12,5	0,2	0,1
38,5	0,2	2,6
15,8	0,8	0,1
26,5	0,8	0,7
33,5	0,8	1,3
17,8	1,0	0,1
25,5	1,0	0,6
32,0	1,0	1,1

Ces nombres conduisent en moyenne à une augmentation de 14 microhms par 1 pour 100 de silicium en poids, ou 7 microhms pour 1 atome de silicium sur 100 atomes d'alliage, c'est-à-dire à un accroissement de résistance beaucoup plus grand que pour le carbone. On est amené, par analogie avec ce qui se passe pour un grand nombre d'alliages, à admettre que dans les aciers le silicium n'est pas isolé à l'état de siliciure défini $FeSi^2$, mais se trouve à l'état de mélange homogène, dissolution solide ou mélange isomorphe, comme l'est le carbone de trempe.

» *Influence du manganèse.* — Le manganèse, comme on le sait, augmente considérablement la résistance des aciers. Ce métal, isomorphe avec le fer, forme avec lui des mélanges homogènes en toute proportion. Mais ces mélanges peuvent exister sous deux états allotropiques inégalement magnétiques qui possèdent également des résistances électriques notablement différentes, comme je l'ai déjà montré pour l'acier-manganèse de M. Hadfield à 13 pour 100 de Mn [1].

Résistance.	Composition. C.	Mn.	Si.
17,8	0,9	0,24	0,1
22	0,9	0,95	0,1
24,5	1,2	0,83	0,2
40	1,2	1,8	0,9
66 magn. 80 non magn.	1	13	0,3

[1] *Comptes rendus*, t. CXIX, p. 272; 1894.

Ces nombres conduisent à un accroissement de résistance généralement voisin de 5 microhms par 1 pour 100 en poids ou en atomes de manganèse. Pour l'acier-manganèse magnétique, obtenu en recuisant deux heures à 550° l'acier non magnétique, cet accroissement de résistance n'est plus que de 3,5 microhms.

» *Influence du nickel.* — Le nickel, qui se mêle isomorphiquement avec le fer, augmente notablement sa résistance électrique; mais ces aciers, ainsi que l'ai montré antérieurement [1], présentent comme l'acier-manganèse deux variétés inégalement magnétiques et en même temps inégalement résistantes. L'accroissement de résistance, rapportée par le calcul à 1 pour 100 de nickel, est extrêmement variable avec la proportion de nickel, avec celle de carbone et avec l'état allotropique de l'alliage. Pour des quantités totales de nickel inférieures à 5 pour 100, cet accroissement a varié de 3 à 7 microhms.

» *Influence du chrome, du tungstène et du molybdène.* — L'influence de ces corps sur l'accroissement de résistance des aciers est très faible. Elle ne peut être mesurée d'une façon exacte pour les teneurs inférieures à 3 pour 100, que j'ai seules étudiées. La présence constante du silicium et du manganèse amène déjà, avec les teneurs habituelles inférieures à 0,5 pour 100, des accroissements de résistance égaux et même supérieurs à ceux qui peuvent résulter de la présence de quantités dix fois plus considérables des trois métaux en question. Le peu d'influence des trois métaux : chrome, tungstène et molybdène sur la résistance électrique des aciers, conduit à penser qu'ils sont isolés au milieu du métal à l'état de combinaison définie.

» Cette manière de voir est conforme aux résultats obtenus antérieurement par M. Carnot dans l'étude chimique d'aciers de même nature. »

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Vision entoptique et sensibilité dans la tache jaune.* Note de M. **Aug. Charpentier**, présentée par M. d'Arsonval.

« L'œil placé devant un champ lumineux uniforme ne perçoit aucune différence d'éclairement, bien que la rétine ne soit pas également éclairée partout et qu'elle présente dans ses diverses parties de notables différences de sensibilité. On sait que la lacune de Mariotte n'est pas distinguée dans

---

(1) *Comptes rendus,* t. CX, p. 283; 1889, et t. CXI, p. 445; 1890.

les conditions ordinaires, elle donne la même sensation de clarté que les parties voisines. L'ombre des vaisseaux rétiniens n'est pas perçue davantage. La tache jaune (*macula*), moins sensible que le reste de la rétine, devrait donner une ombre très reconnaissable, d'autant plus que cette partie est beaucoup plus étendue qu'on ne se le figure ordinairement. Le diamètre de la *macula* étant de 2^{mm} à 3^{mm}, sa projection à 30^{cm} a une largeur d'au moins 3^{cm} à 5^{cm}; à 1^{m}, la *macula* devrait former une ombre presque circulaire de 12^{cm} à 18^{cm} de diamètre. Encore cette étendue comprend des zones de sensibilité très différente, dont la plus remarquable est la *fovea centralis,* qui en occupe le centre et qui a une largeur environ dix fois moindre.

» L'uniformisation de l'intensité lumineuse apparente entre ces diverses parties de la rétine peut être attribuée en partie à ce que la sensibilité s'émousse assez rapidement aux points les plus sensibles, qui sont les plus fortement excités; mais les faits énoncés dans ma dernière Note montrent qu'il faut surtout mettre en cause l'irradiation nerveuse, qui, se portant des parties plus excitées (plus sensibles) aux parties moins excitées (moins sensibles), tend à mettre en équilibre fonctionnel toutes les cellules de la sphère visuelle corticale.

» Mais il n'en est plus de même, et cet équilibre n'a pas le temps de se produire si, au lieu de faire agir sur la rétine une excitation continue, on varie brusquement et plus ou moins fréquemment son état d'excitation; on prend alors sur le fait les courants sensoriels en question et l'on met en évidence de la façon la plus nette les différences d'éclairement ou d'excitabilité rétinienne.

» L'indication principale à remplir pour obtenir ce dernier résultat est d'avoir un champ visuel rigoureusement uniforme et surtout de très faible intensité. En se plaçant dans les conditions indiquées pour voir l'ombre de la pupille, j'ai pu souvent voir en même temps, au moment où l'œil est brusquement découvert, l'ombre des grosses branches de l'arbre vasculaire de Purkinje (vaisseaux rétiniens).

» L'ombre de la *macula lutea* se produit le plus facilement au moment du crépuscule, en regardant sur un sol clair, ou sur le ciel du côté opposé au soleil couché. On couvre et l'on découvre largement les yeux, soit par un écran, soit tout simplement par des mouvements de fermeture ou d'ouverture des paupières. Avec des mouvements assez lents de l'écran (au-dessous de 1 ou 2 par seconde), on voit devant le regard une tache sombre uniforme; pour une fréquence plus grande (3 ou quatre par se-

conde), la tache sombre est remplacée par une tache claire entourée d'un anneau sombre; des mouvements encore un peu plus rapides montrent cette zone sombre entourée elle-même d'un second anneau plus clair que le fond du champ visuel. L'étendue apparente de la région où se montrent ces phénomènes, mesurée à une distance donnée de l'œil, correspond bien à celle de la tache jaune. Quant aux rapports de ces alternatives concentriques de lumière et d'ombre avec les oscillations rétiniennes que j'ai décrites précédemment, je n'ai pu les préciser jusqu'à présent (Maxwell, Exner, etc. ont décrit diverses observations paraissant se rapporter à la perception de la tache jaune, mais dans des conditions qui étaient loin d'être rigoureusement définies).

» Quant à la *fovea centralis*, le meilleur moyen de la voir entoptiquement est de produire à l'aide d'un spectroscope le scotome central que j'ai trouvé depuis longtemps d'abord dans le bleu, puis dans toutes les autres couleurs. L'instrument étant éclairé faiblement, par un jour moyen, avec la fente à son minimum d'ouverture, on peut, en déplaçant très légèrement l'œil par de petits mouvements latéraux au-devant de l'oculaire, réaliser des variations alternatives d'éclairage suffisantes pour faire percevoir divers phénomènes entoptiques, par exemple la projection des plus petits vaisseaux rétiniens, les lignes fines de Nuel, et enfin la projection de la *fovea;* celle-ci se montre sous forme d'une petite tache sombre entourée d'un anneau plus clair que le fond environnant; je puis la dessiner facilement sur le papier : elle a alors en moyenne une largeur de 2^{mm}, l'anneau clair a à peu près un diamètre double. Pour plus de précision, on peut projeter la tache à distance fixe sur une échelle graduée qu'on observe à l'aide du second œil; en estimant ainsi sa largeur, on trouve qu'elle correspond à une image rétinienne de $0^{mm},2$ à $0^{mm},3$; ce sont justement les dimensions de la *fovea*.

» Ce scotome central paraît un peu plus large dans le bleu et le vert bleu que dans les rayons moins réfrangibles à partir de E. Plus facile à percevoir dans le bleu (où il exige un peu plus de lumière), *il est visible partout, dans l'extrême rouge y compris*. Pour l'observer il vaut mieux, quand on le peut, déplacer latéralement le spectroscope que de remuer la tête; un petit spectroscope est donc préférable, surtout quand il peut tourner facilement autour d'un pied vertical; quant au spectre, il est indifférent de l'orienter parallèlement ou perpendiculairement au déplacement du regard; mais, dans le second cas, on est sûr de n'opérer à la fois que sur une zone spectrale unique.

» Cette production d'un scotome central très net a une grande importance, non pas tant en confirmant mes expériences anciennes (de 1877 et 1884) qu'en donnant la raison d'une erreur expérimentale commise par plusieurs observateurs dans l'observation de la tache jaune. Ces observateurs (Kœnig, von Kries, etc.), dominés par l'idée de M. Parinaud que les bâtonnets seuls peuvent donner la sensation incolore que j'ai montrée être à la base de toute sensation visuelle, même d'origine rigoureusement monochromatique, ont cru reconnaître qu'une excitation colorée, vue sous le minimum perceptible, n'est pas vue incolore par la *fovea*. J'ai vérifié le contraire plus de cent fois, mais à la condition de prendre des précautions toutes spéciales pour maintenir absolument le regard dans la direction du centre de la *fovea*, dont il tend avec force à s'échapper, tant qu'on ne lui présente que de petits points éclairés au minimum : il fuit alors le point central avec une persévérance inouïe, pour se fixer sur les parties immédiatement voisines, plus sensibles (anneau clair de la figure entoptique); on ne peut le ramener au centre qu'en lui fournissant un point de repère fixe sur lequel il s'oriente. J'ai décrit ailleurs ces expériences de vérification, sur lesquelles je n'ai pas à m'étendre en ce moment (voir *Archives d'Ophtalmologie*, mai 1896; *Association française, Congrès de Carthage*, 1896). Elles démontrent, sans doute possible, qu'au centre comme partout ailleurs, et pour toutes les couleurs, la sensation minima est incolore; que, par conséquent, elle peut être fournie par les cônes (seuls éléments centraux) aussi bien que par les bâtonnets; que la vision nette et la perception des couleurs ne marchent pas de pair l'une avec l'autre; que le maximum de perception des couleurs est *non au centre*, mais *sur les bords de la fovea*, tandis que le point central est au contraire le lieu du maximum de distinction nette des détails, fonction qui entre en jeu dès que l'éclairement a atteint une valeur suffisante. Il est facile d'en conclure que la perception des couleurs n'est pas simplement fonction de l'excitation des cônes, ainsi qu'on est trop disposé à l'admettre. »

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur le poids atomique de l'azote.* Note de M. **M. Vèzes**, présentée par M. Troost.

« Dans une série de Notes publiées récemment dans les *Comptes rendus* (t. CXXVI, p. 954, 1030, 1415 et 1501; 1898), M. D. Berthelot expose une nouvelle méthode de détermination précise des poids atomiques,

applicable aux éléments chimiques gazeux ou fournissant des combinaisons gazeuses, et basée sur la mesure de la densité et de la compressibilité de ces éléments ou de leurs combinaisons. La comparaison des poids atomiques ainsi calculés avec les poids atomiques définis par l'analyse chimique lui donne un accord satisfaisant pour certains éléments (hydrogène, carbone), tandis que certains autres (chlore, soufre, phosphore et surtout azote) manifestent un désaccord sensible. Pour l'azote, en particulier, on a, le poids atomique de l'oxygène étant pris par définition égal à 16,000 :

Par les données physiques (D. Berthelot)........	14,005
Par l'analyse chimique (Stas)..................	14,044

» L'écart de ces deux nombres atteint, on le voit, près de trois millièmes de leur valeur.

» M. D. Berthelot cherche à expliquer ce désaccord par l'inexactitude du nombre déterminé par voie chimique, inexactitude due à une erreur systématique qui vicierait le résultat des recherches classiques de Stas. L'an dernier déjà, M. Leduc (*Comptes rendus*, t. CXXV, p. 299; 1897), calculant lui aussi au moyen de mesures physiques le poids atomique de l'azote, avait obtenu la même valeur 14,005, et expliqué par la même erreur systématique le nombre notablement plus fort obtenu par Stas.

» Cette erreur systématique a été signalée pour la première fois par Dumas (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 5ᵉ série, t. XIV, p. 289; 1878) : l'argent en grenaille, tel que l'employait Stas dans ses déterminations, retient de l'oxygène qu'il a dissous pendant sa fusion. Le poids atomique de ce métal, fixé par Stas à 107,929, doit donc être légèrement abaissé, ce qui conduit à modifier aussi celui de l'azote, déterminé en fonction de celui de l'argent. Partant de la proportion d'oxygène que Dumas a trouvée dans l'argent fondu, M. Leduc calcule que le poids atomique de l'azote résultant des expériences de Stas doit être abaissé de 14,044 à 14,002; de son côté, M. D. Berthelot déduit des nombres de Dumas une conclusion analogue.

» Cette correction est-elle légitime? Peut-on admettre que la proportion d'oxygène trouvée par Dumas dans l'argent fondu (fondu notamment en présence de nitre, employé à des doses volontairement exagérées) représente bien la proportion d'oxygène existant dans l'argent préparé par Stas avec les précautions multiples que l'on sait?

» La réponse à ces questions se trouve dans un Mémoire de Stas lui-même, publié après sa mort (*Mém. de l'Acad. de Bruxelles*, t. XLIX; 1893, et *Œuvres complètes*, t. III, p. 1-201), et qui paraît avoir échappé à l'atten-

tion de M. Leduc et de M. D. Berthelot. Dans cet important travail, Stas, justement soucieux de rechercher si la cause d'erreur signalée par son « illustre maître Dumas » affectait d'une façon sensible les résultats numériques de ses recherches antérieures, a soumis à un examen minutieux, au point de vue de la quantité d'oxygène occlus, les échantillons même d'argent précédemment employés à ses déterminations de poids atomiques. Ses conclusions à cet égard sont les suivantes (*loc. cit.* : *Mémoires*, p. 116; *Œuvres*, p. 124) :

» L'argent qui m'a servi pour la détermination des poids atomiques renfermait des gaz, et il en est de même du métal obtenu dans des conditions identiques.

» Le contenu en gaz de ces métaux s'élève à $\frac{1}{35800}$ du poids de l'argent, quantité qui ne peut avoir eu aucune influence sur les conclusions que j'ai déduites de mes travaux, puisque l'erreur qui en résulte se confond absolument avec l'erreur inévitable dans les expériences de cette nature. »

» Si l'on calcule, en effet, au moyen du nombre fourni par Stas dans les lignes qui précédent, le changement qui en résulte pour le poids atomique de l'azote, on trouve :

Nombre original de Stas......................	14,044
Nombre corrigé	14,040

» On voit que la différence entre ces deux nombres est bien de l'ordre des erreurs d'expérience. L'écart est au contraire dix fois plus fort, si l'on compare ces nombres à ceux que M. Leduc et M. D. Berthelot ont déduits, soit de mesures physiques, soit de corrections arbitrairement effectuées sur les nombres de Stas. L'erreur systématique signalée par Dumas ne peut donc suffire à justifier un tel écart. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur le poids atomique du tellure* (1).
Note de M. R. **Metzner**, présentée par M. A. Ditte.

« La détermination du poids atomique du tellure a été l'objet de nombreux travaux. Les dernières recherches ont été entreprises dans le but d'éclaircir la question, si controversée, de savoir définitivement si le poids atomique du tellure est plus grand que celui de l'iode, ce qui est contraire aux exigences de la loi périodique, ou s'il est plus petit : elles ont donné des résultats compris entre 127,05 et 127,74.

(1) Travail fait au laboratoire de M. Ditte, à la Sorbonne.

» Nous remarquerons tout d'abord que, parmi toutes ces expériences, aucune n'a été faite avec du tellure présentant des garanties suffisantes de pureté. Les derniers expérimentateurs, en particulier, ont opéré avec du tellure distillé; or, la distillation n'est pas un procédé rigoureux de purification dans le cas où le tellure serait mélangé avec d'autres corps simples se volatilisant sensiblement à la même température que lui, ce qui est le cas de l'antimoine et du bismuth.

» La matière qui m'a servi était obtenue par décomposition de l'hydrogène telluré. M. Ditte ([1]) a montré que ce corps présente vers 500° un maximum de dissociation, et il a indiqué un procédé pour préparer le tellure cristallisé. En employant cette méthode, j'ai obtenu de très belles aiguilles qui, dans l'état actuel de nos connaissances, représentent le tellure le plus pur qu'on sache préparer, et il semble bien qu'elles ne contiennent d'impureté d'aucune sorte.

» J'effectuais la préparation du tellure dans des tubes scellés, en présence d'une quantité limitée d'hydrogène; le rôle des impuretés de celui-ci est alors négligeable, ce qui pourrait ne pas avoir lieu avec un courant de gaz. L'antimoine et le bismuth traités par l'hydrogène, de la même manière et à la même température, ne donnent lieu à aucun transport de métal. Si de la substance employée dans la recherche du poids atomique du tellure on passe aux méthodes suivies, on constate qu'elles ne présentent pas non plus toutes les garanties nécessaires d'exactitude.

» Brauner a choisi l'analyse du tétrabromure; or, de son propre aveu, cette substance « *ne peut être ni fondue, ni distillée sans décomposition* ».

» Ses résultats varient entre 127,57 et 129,63.

» Staudenmaier utilise la réduction, par l'hydrogène, de l'acide tellurique cristallisé; il est difficile d'avoir celui-ci exempt d'eau-mère, et les nombres varient entre 127,05 et 127,6; toutefois, en interprétant les résultats de manière à éliminer cette cause d'erreur, j'ai trouvé des nombres plus grands que les siens et allant jusqu'à 127,74.

» Mes expériences ont été faites en suivant deux méthodes qui me paraissent mériter plus de confiance, à savoir : la synthèse du sulfate de tellure, et la réduction de l'acide tellureux par l'oxyde de carbone.

» I. *Emploi du sulfate de tellure.* — L'acide tellureux fondu se dissout dans l'acide sulfurique étendu d'un peu d'eau, mais il n'est pas nécessaire

---

([1]) *Annales scientifiques de l'École Normale supérieure,* 2e série, t. I, p. 293.

de passer par cet intermédiaire, et l'on peut attaquer directement le tellure. L'opération se fait alors avec formation d'un dépôt blanc de sulfate, insoluble dans l'acide sulfurique, et production d'une liqueur pourpre qu'on décolore facilement avec quelques gouttes d'acide nitrique pour pouvoir suivre les progrès de la transformation du tellure. Quand celle-ci est complète, on ajoute assez d'acide étendu de son volume d'eau, pour obtenir une dissolution *complète*. Il suffit alors d'évaporer à sec, puis de peser le sulfate bien cristallisé et parfaitement blanc qu'on obtient.

» La capsule de platine dans laquelle se fait l'attaque est recouverte d'un verre de montre pour éviter les projections de matière; on la chauffe en la disposant dans une capsule plus grande, également en platine, qui seule est exposée à l'action des produits de la combustion; enfin, la dessiccation du sulfate se fait entre 350° et 400° avec les mêmes précautions. Voici les résultats de trois opérations :

Tellure.	Sulfate.	Poids atomique.
790,2	1235,0	127,9
414,3	647,5	128,0
1098,3	1717,0	127,8

» II. *Réduction de l'acide tellureux.* — J'ai opéré cette réduction par l'oxyde de carbone en présence de l'argent, ce qui supprime les pertes qui, lorsqu'on se sert d'hydrogène comme réducteur, peuvent provenir de la formation de petites quantités d'hydrogène telluré; on a, en outre, une vérification précieuse des résultats en pesant l'acide carbonique formé.

» L'acide tellureux dont je me suis servi provenait de la destruction du tétrachlorure de tellure par l'eau; l'acide hydraté ainsi obtenu était fondu dans une nacelle de platine, à l'abri de l'oxygène de l'air. On obtenait ainsi une substance d'un beau blanc, tandis que celle qui provient de l'attaque du tellure par l'acide nitrique est toujours plus ou moins jaune, sans doute à cause de la présence d'un peu d'anhydride tellurique.

» Pour faire une expérience, on mélangeait de l'acide tellureux très finement pulvérisé avec un poids d'argent quatre à cinq fois supérieur à celui qui est nécessaire pour constituer du tellurure, et l'on finissait de remplir la nacelle avec de l'argent pur. On dessèche tout d'abord parfaitement la matière en la chauffant dans le tube à réduction traversé par un courant d'air sec. Quand la nacelle ne variait plus de poids, on remplaçait le courant d'air par de l'oxyde de carbone bien exempt d'acide carbo-

nique et, lui aussi, parfaitement sec. A cet effet, le gaz traversait successivement un tube à boules contenant de la potasse, puis un tube en U renfermant des fragments de la même matière; ensuite un tube de Mohr contenant de l'acide sulfurique, et enfin un tube en U à anhydride phosphorique.

» Un tube témoin, placé à l'entrée du tube à réduction, contenait, dans l'une de ses branches, de la potasse caustique et, dans l'autre, de l'anhydride phosphorique : ce tube n'a pas varié de poids pendant toute la durée des expériences.

» Une fois l'air entièrement chassé, on fixait à l'extrémité libre du tube à réduction le système ordinairement employé dans les analyses organiques pour l'absorption de l'acide carbonique; on chauffait alors lentement pendant deux à trois heures, pour produire le départ de l'oxygène sans agglutiner la matière, et l'on terminait l'opération en portant le tube au rouge pendant quelques instants.

» Voici les résultats de quatre déterminations :

TeO^2.	Perte de poids.	CO^2.	Poids atomique du tellure.
743,2	118,8	543	127,8
1106,7	221,3	559	128,0
988,5	197	»	128,24
1312,5	262,5	»	128,0

» En résumé, toutes mes déterminations, aussi bien avec le sulfate qu'avec l'acide tellureux, m'ont donné des nombres plus grands que ceux trouvés par Brauner et Staudenmaier : la moyenne de mes résultats est égale à 127,9. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du sodammonium en excès sur le phosphore rouge* [1]. Note de M. C. **Hugot**, présentée par M. A. Ditte.

« Les résultats de l'action du phosphore en excès sur le sodammonium ont déjà été publiés [2]. L'action du sodammonium en excès sur le phos-

---

[1] Travail fait dans les laboratoires de Chimie de la Faculté des Sciences de Bordeaux.

[2] *Comptes rendus*, t. CXXI, p. 206.

phore donne naissance à un composé dont l'étude fait l'objet de cette Note.

» L'appareil employé dans ces expériences se compose d'un tube plein de soude récemment fondue, dans lequel on liquéfie le gaz ammoniac pur. Au contact de l'hydrate de soude, l'ammoniac liquide se déshydrate complètement. Ce tube R, qui sert de réservoir à gaz ammoniac, est fermé par un robinet en verre. Il est relié d'une part à un manomètre de mercure, de l'autre à l'appareil où s'effectuera la réaction. Sur la petite branche du manomètre est soudé un tube à robinet permettant de recueillir, sur une cuve à mercure, les gaz dégagés pendant l'expérience.

» L'appareil dans lequel s'effectue la réaction du phosphore sur l'ammonium alcalin est tout entier en verre. Il présente sensiblement la forme d'un H, dont les parties verticales sont constituées par deux tubes larges A et B, et la partie horizontale par un tube étroit T contenant un tampon de coton de verre sec.

» Les extrémités inférieures des deux tubes A et B sont effilées et peuvent être, pour les pesées, fermées par des bouchons de liège. Les extrémités supérieures de A et B portent chacune un tube muni d'un robinet. C'est par le tube A que l'appareil communique avec le réservoir à gaz ammoniac décrit plus haut.

» Voici la marche d'une expérience :

» L'appareil ATB, séché avec soin, est mis en communication avec le réservoir R. Un courant de gaz ammoniac traverse l'appareil et chasse complètement l'air qu'il renferme. Les extrémités inférieures sont fermées par des bouchons de liège, et l'appareil est pesé plein de gaz ammoniac.

» On introduit successivement dans le tube A un morceau de phosphore rouge lavé, et séché dans un courant de gaz ammoniac, et un globule de sodium, en pesant chaque fois, comme précédemment, l'appareil plein de gaz ammoniac. Le sodium est introduit à l'état fondu dans une atmosphère d'hydrogène pur et sec; il a été purifié par distillation.

» Les poids de phosphore et de sodium étant ainsi connus, on ferme à la lampe les extrémités inférieures des tubes A et B.

» On rétablit la communication entre le réservoir R et l'appareil ATB plongé dans un mélange réfrigérant; le sodammonium se forme et se dissout dans l'excès de gaz ammoniac liquéfié.

» Le phosphore entre en réaction avec le sodammonium. La liqueur, d'abord mordorée, devient lentement verdâtre. Cette teinte verdâtre est plus ou moins claire suivant que le phosphore est en plus ou moins grande quantité par rapport au sodium. On constate en même temps sur les parois du tube A la formation de petits cristaux brillants.

» Pendant cette opération, et surtout au bout de quelques heures de contact, il se dégage de l'hydrogène que l'on recueille sur la cuve à mercure.

» Après un jour de repos, l'appareil étant maintenu dans la glace fondante, on fait passer le liquide jaune verdâtre, en inclinant l'appareil, du tube A dans le tube B à travers le coton de verre. Le sodammonium en excès passe en grande partie.

» On fait ensuite distiller le gaz ammoniac liquéfié, de B en A, en refroidissant A et échauffant le tube B. Puis on fait écouler de nouveau le liquide de A en B à travers le coton de verre. En un mot on lave le tube A avec le gaz ammoniac liquéfié.

» Cette opération doit généralement se continuer pendant plusieurs jours pour enlever les dernières traces de sodium, qui suffisent pour colorer le liquide en bleu verdâtre. Il reste en A une poudre cristalline qui paraît jaune. Si on laisse le gaz ammoniac liquéfié baigner quelque temps ces cristaux, on s'aperçoit qu'il prend une teinte jaune. On peut procéder au lavage de cette poudre cristalline comme on l'a fait plus haut.

» En maintenant l'appareil à 0°, on laisse dégager peu à peu le gaz ammoniac. Il reste alors en B un dépôt jaune qui tapisse les parois du tube, ainsi que du sodium cristallisé provenant de la dissociation du sodammonium en excès.

» Le corps jaune contenu dans B correspond à la formule $P^2H^3Na^3$.

» Les cristaux légèrement colorés en jaune du tube A sont des cristaux d'amidure de sodium mélangé à des traces du corps $P^2H^3Na^3$. Si l'on analyse en effet ces cristaux après les avoir lavés pendant plusieurs jours au gaz ammoniac liquéfié, on trouve qu'ils correspondent à la formule AzH^2Na.

» La réaction qui a eu lieu dans le tube A peut être représentée par :

$$(a) \qquad 6AzH^3Na + 2P = P^2H^3Na^3 + 3AzH^2Na + 3AzH^3.$$

» La quantité d'amidure de sodium formé est donnée par le poids des cristaux restés en A. Il faut en retrancher le poids d'amidure provenant de la décomposition spontanée du sodammonium signalée par M. Joannis [1]. Cette donnée sera connue par le dosage de l'hydrogène dégagé pendant l'opération et recueilli sur la cuve à mercure.

» Le corps jaune, traité par les acides et l'eau, donne lieu aux réactions suivantes :

$$(b) \qquad P^2H^3Na^3 + 3HCl = 3NaCl + 2PH^3,$$

$$(c) \qquad P^2H^3Na^3 + 3H^2O = 3NaOH + 2PH^3.$$

» Le phosphore est déduit de la quantité de phosphure d'hydrogène dégagé lorsqu'on fait agir lentement l'eau pure ou acidulée sur le corps précédent. Le sodium en excès est connu par le volume d'hydrogène dégagé dans ces mêmes réactions.

» Chauffé dans le vide, le corps $P^2H^3Na^3$, après avoir perdu un peu de gaz ammoniac qu'il retient, laisse partir vers 100° du phosphure d'hydrogène et un peu d'hydrogène. De 150° à 200°, au contraire, la proportion de phosphure d'hydrogène diminue beaucoup. Enfin de 200° à 300° le gaz recueilli n'est que de l'hydrogène [2].

---

[1] A. JOANNIS, *Comptes rendus*, t. CXII, p. 392.

[2] La somme des poids de l'hydrogène pur et de l'hydrogène correspondant au

» Afin de ne pas prolonger ces lavages fastidieux au gaz ammoniac liquéfié, il semblerait, d'après la formule (a), plus commode de faire entrer en réaction le sodium et le phosphore dans des proportions à peine supérieures au rapport de 3 à 1. L'expérience montre que, si l'on n'opère pas avec un excès suffisant de sodium, la réaction (a) n'est plus seule à se produire. On constate la formation de composés difficiles à déterminer. On peut cependant affirmer la présence du corps PH^2Na, auquel M. Joannis a donné le nom de *phosphidure de sodium* (1). »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation et les propriétés d'un nouveau carbure de tungstène.* Note de M. **P. Williams** (2), présentée par M. H. Moissan.

« Nous avons essayé de préparer des carbures doubles de fer avec un certain nombre de métaux voisins tels que le chrome, le molybdène, le tungstène, etc.

» En étudiant notamment les composés doubles de tungstène et de fer, nous avons pu isoler un nouveau carbure de tungstène.

» M. Moissan a décrit un composé (3) répondant à la formule Tu^2C et qu'il a obtenu en chauffant le tungstène avec un excès de charbon au four électrique. Ce corps est attaqué par le chlore; au contraire, le composé que nous avons obtenu s'en différencie nettement par l'action du chlore qui ne l'altère point. Sa formule est TuC.

» Le présent Travail a pour but de faire connaître sa préparation et ses principales propriétés.

» *Préparation du carbure de tungstène.* — Le carbure de tungstène TuC peut être obtenu par l'un ou l'autre des procédés suivants :

» 1° On fait un mélange intime d'acide tungstique pur, calciné, de fer et de coke de pétrole dans les proportions suivantes :

Acide tungstique	120 gr
Coke de pétrole	20
Fer	150

phosphure d'hydrogène représente précisément la quantité théorique d'hydrogène contenu dans $P^2H^3Na^3$.

(1) M. A. Joannis, *Comptes rendus*, t. CXIX, p. 557.

(2) Travail fait au laboratoire des Hautes Études de M. Moissan, à l'École supérieure de Pharmacie.

(3) H. Moissan, *Comptes rendus*, t. CXXIII, p. 15.

« Ce mélange, placé dans un creuset en charbon, est chauffé au rouge blanc, au moyen d'un violent feu de forge, pendant une heure. Après refroidissement, on trouve dans le creuset un culot métallique, bien fondu, très dur et d'aspect cristallin. Ce culot renferme le carbure de tungstène mélangé avec une grande quantité de fer et de carbure double.

» Pour séparer le carbure de l'excès de fer, le culot est attaqué par l'acide chlorhydrique chaud jusqu'à complète désagrégation. Il reste un mélange de carbure double de tungstène et de fer et de carbure de tungstène. On peut séparer la plus grande partie du carbure simple des composés doubles de fer et de tungstène, au moyen d'un aimant, le carbure de tungstène étant non magnétique. Ce carbure est encore mélangé de graphite, mais la grande différence entre les densités du carbure et du graphite permet de les séparer très facilement par lévigation. Les dernières impuretés sont enlevées par un courant de chlore au rouge. Enfin, l'emploi du bromoforme ou de l'iodure de méthylène permet d'éliminer la petite quantité de graphite qui a pu être libérée dans le traitement au chlore.

» 2° On peut préparer également le carbure au four électrique. Le même mélange, chauffé pendant cinq à six minutes, avec un courant de 900 ampères et 45 volts, fournit un culot, bien fondu, très cassant et qui renferme aussi beaucoup de graphite. La séparation du carbure est faite comme il a été indiqué plus haut.

» Les cristaux du carbure préparé au four électrique sont plus gros que ceux que nous avons obtenus au moyen de la forge. Le rendement est assez faible dans tous les cas, et le carbure se rencontre principalement à la périphérie du culot. Nous avons pensé que ce fait était dû à un refroidissement brusque; nous avons alors plongé le culot sortant du four dans un vase rempli d'eau froide, comme cela a été décrit par M. Moissan dans ses expériences sur la reproduction du diamant et la préparation du carbure de fer. Nous avons obtenu ainsi un rendement plus grand, mais les cristaux sont moins nets.

» *Propriétés physiques.* — Le carbure de tungstène se présente sous la forme d'une poudre d'un gris de fer; examinée au microscope, elle est formée de cristaux cubiques et non transparents. Il est très dur, il raye facilement le quartz. La densité à + 18° est 15,7.

» Le carbure de tungstène fond très difficilement. Une petite quantité de ce carbure, placée dans un creuset de charbon de cornue bien fermé, a été chauffée pendant quinze minutes avec un courant de 950 ampères et 45 volts. Le carbure TuC a été partiellement liquéfié et transformé en carbure Tu^2C et graphite, ainsi que nous l'a démontré l'analyse de la partie fondue.

» *Propriétés chimiques.* — Le carbure de tungstène, chauffé au rouge dans un courant d'hydrogène pur et sec, n'est pas altéré.

» Chauffé en présence d'oxygène ou d'air, il s'oxyde lentement avec formation des acides tungstique et carbonique. L'azote est sans action au rouge.

» A froid le fluor l'attaque avec incandescence, mais le chlore, le brome et l'iode sont entièrement sans action sur le carbure, au rouge vif.

» Les hydracides gazeux et leurs dissolutions dans l'eau ne l'attaquent pas. Lorsqu'on le chauffe avec l'acide chlorhydrique dans un tube scellé pendant trois heures à la température de 350° C., il n'y a pas d'action entre le carbure et l'acide, mais une quantité considérable de cristaux de chlorure de sodium se sépare par refroidissement à cause de l'attaque du verre.

» Les acides nitrique et sulfurique attaquent très lentement le carbure.

» Il n'y a pas d'action entre l'eau et le carbure à la température de ramollissement du verre de Bohême. Il s'oxyde facilement en chauffant avec le chlorate ou l'azotate de potassium; le bisulfate et le carbonate de potassium ne l'attaquent que très lentement.

» *Analyse du carbure de tungstène.* — Le carbone est dosé en brûlant le carbure dans un courant d'oxygène. L'acide carbonique qui se forme est absorbé par les tubes à potasse, préalablement pesés.

» Le tungstène est dosé par l'oxydation du carbure dans un courant d'air. On pèse ensuite l'acide tungstique.

» Nous avons obtenu les chiffres suivants :

	I.	II.	III.	Calculé pour Tu C.
Tungstène	93,55	93,52	93,60	93,88
Carbone	5,87	6,20	6,08	6,12

» En résumé, nous avons préparé un carbure de tungstène de formule TuC. Ce carbure prend naissance lorsqu'on chauffe, à la température du four électrique, un mélange d'acide tungstique et de charbon avec un grand excès de fer. En présence d'acide tungstique et de charbon seulement, le carbure Tu^2C se forme ainsi que l'a indiqué M. Moissan.

» Par conséquent, en présence de carbure de fer, il est possible d'obtenir un composé de tungstène qui renferme deux fois plus de carbone que celui obtenu lorsque l'on chauffe ensemble le tungstène et le carbone. Le fer en facilitant la fusion de la masse permet de préparer ce composé à une température inférieure à la température de fusion du tungstène à laquelle le carbure Tu^2C prend seul naissance. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de séparation du géraniol et du citronnellol.* Note de MM. **J. Flatau** et **H. Labbé** [1], présentée par **M. Friedel.**

« Aucune des méthodes chimiques [2] proposées jusqu'ici pour la séparation du géraniol et du citronnellol dans les diverses essences de géranium et de roses n'étant satisfaisante nous avons cherché et réalisé la méthode suivante, fondée sur les caractères physiques différents de deux dérivés de ces alcools, qu'on obtient facilement par le nouveau procédé avec un rendement presque théorique.

» L'essence (géranium de l'Inde, géranium Bourbon, citronnelle, rose, etc.), saponifiée par la potasse alcoolique à 5 pour 100, est rectifiée dans le vide. La portion 120°-140° sous 30^{mm} est dissoute avec son poids d'anhydride phtalique dans un volume égal de benzène cristallisable.

» Après une heure d'ébullition au réfrigérant ascendant, on évapore le benzène et l'on fait le sel sodique des éthers formés. La masse gélatineuse obtenue est dissoute dans l'eau tiède et la solution lavée à l'éther jusqu'à complet enlèvement des impuretés; on met en liberté les éthers par l'acide chlorhydrique étendu de son volume d'eau.

» Le mélange des éthers purs ainsi obtenus est traité par la ligroïne qui les dissout entre 20° et 25°; on refroidit ensuite la solution vers —5°. L'éther géranyl-phtalique, insoluble dans la ligroïne à cette température, se sépare sous la forme de cristaux dont on peut hâter le dépôt par addition d'un cristal pur; on sépare les cristaux, on les lave à la ligroïne, puis on évapore la solution dans la ligroïne qui abandonne l'éther citronnellyl-phtalique pur sous la forme d'une huile jaune d'or épaisse, qui ne cristallise pas par un grand refroidissement.

» Les deux éthers sont ensuite saponifiés séparément par ébullition pendant une heure environ au réfrigérant ascendant avec la quantité convenable de potasse alcoolique à 5 pour 100. On les purifie ensuite par rectification ou entraînement dans un courant de vapeur d'eau.

» Le géraniol obtenu par cette méthode bout à 228°,2 sous 750^{mm} sans la moindre trace de décomposition, et à 122° sous 29^{mm} (thermomètre entièrement plongé dans la vapeur). Sa densité à 0° = 0,8965.

» C'est un liquide incolore, d'une odeur douce et très agréable de rose.

» Le citronnellol bout à 221°,5 sous 755^{mm}.

---

[1] Laboratoire de Chimie organique de la Sorbonne.

[2] Barbier et Bouveault, *Comptes rendus,* t. CXXII, p. 51. Tiemann, *Ber.*, t. XXIX, p. 921 et suivantes. H. Erdmann, *Journ. für prakt.*, t. LVI, p. 28.

» Il a une odeur analogue à celle du géraniol, mais plus forte et ressemblant davantage à celle de rose.

» Par la méthode que nous venons de décrire, nous avons aussi analysé les diverses essences réputées contenir du géraniol et du citronnellol, et nous avons modifié les dosages admis de la façon suivante :

Essence de géranium d'Inde.

Alcools.........	80 pour 100	Géraniol........	63 pour 100
		Citronnellol.....	17 pour 100

Essence de citronnelle.

Alcools.........	46 pour 100	Géraniol........	40 pour 100
		Citronnellol.....	6 pour 100

Essence de géranium Bourbon.

Alcools.........	80 pour 100	Citronnellol.....	70 pour 100
		Géraniol........	10 pour 100

Essence de roses (Bulgarie) (1).

Alcools......	85 à 90 pour 100	Géraniol........	70 pour 100
		Citronnellol.....	15 pour 100

Essence de mélisse.

Alcools.........	32 pour 100	Géraniol........	20 pour 100
		Linalol.........	12 pour 100

» *Quelques nouveaux dérivés du géraniol et du citronnellol.* — A partir des alcools purs obtenus par la méthode précédente, nous avons préparé quelques nouveaux dérivés :

» 1° *Éther géranyl-phtalique*

$$\begin{matrix} CH_3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>\!C = CH - CH_2 - CH^2 - \overset{\overset{\displaystyle CH^3}{|}}{C} = CH - CH^2OCOC^6H^4 - COOH,$$

obtenu cristallisé de la ligroïne en tables rhombiques. Il fond à 47°.

» Après séchage dans le vide à poids constant, cette substance donne à l'analyse les chiffres suivants :

Calculé pour $C^{18}H^{18}O^4$........	C = 71,52	H = 7,28
Trouvé.....................	C = 71,33	H = 7,36

(1) Privée du stéaroptène.

» Il est facilement soluble dans tous les solvants à froid : chloroforme, alcool, benzène, acétone, éther, acide acétique.

» Dans la ligroïne, il est facilement soluble à 25° et commence à se précipiter à 10°-12°; à +5° il est tout à fait insoluble dans ce solvant (¹). Son sel d'Ag, sous la forme d'une poudre blanche très stable, fond à 133°,8.

» 2° *Éther tétrabromogéranyl-phtalique*

$$\begin{array}{l} CH^3 - \underset{\displaystyle CH^3}{\underset{|}{C}}Br - CHBr - CH^2 - CH^2 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}Br - CHBr - CH^2OCO \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad \underset{|}{C}^6H^4 - COOH \end{array}$$

ou éther phtalique du diméthyl-2.6-tétrabromure-2.3.6.7-octanol-8.

» Pour le préparer, nous avons bromé le produit précédent en solution éthérée (deux molécules de Br pour une de l'éther). La réaction se fait à froid. Pour purifier le produit, nous l'avons recristallisé dans le vide par précipitation de sa solution benzénique par la ligroïne.

» Ainsi purifié, il fond à 114°-115°.

» Il a donné à l'analyse les chiffres suivants :

Br pour 100	Calculé.......	51,37
	Trouvé.......	50,78

» 3° Nous avons aussi préparé une certaine quantité d'éthers des deux alcools, en les chauffant en tubes scellés à 150°-160°, avec un excès d'acide en présence d'acétate de cadmium desséché.

» Le produit obtenu est lavé très soigneusement au carbonate de soude, et ensuite fractionné dans le vide. Après plusieurs distillations, les éthers sont précipités des alcools en excès. Nous avons constaté par titrage qu'ils renfermaient en moyenne 98 pour 100 de l'éther pur. Les rendements sont d'ailleurs assez bons pour le géraniol et presque quantitatifs pour le citronnellol.

	Ébullition	sous
	° °	mm
a. Acétate de citronellol.........	172-173	34
b. Valérate de citronellol........	194-196	31
c. Caproate de citronnellol (²)...	168-170	33
d. Crotonate de citronnellol.....	138-140	35
e. Valérate de géraniol.........	130-132	30

» Tous ces éthers possèdent des odeurs fortes et agréables analogues à celles des alcools. »

(¹) Flatau et Labbé, *B. S. ch.*, 3ᵉ série, t. XIX, p. 83.

(²) Acide caproïque actif.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la composition des poissons, des crustacés et des mollusques.* Note de M. **Balland.**

« De tout temps les poissons, les crustacés et les mollusques ont servi à la nourriture de l'homme. Sans parler des stations préhistoriques, on peut invoquer Hérodote qui rapporte que les Babyloniens (Livre I, p. 200) et les Égyptiens (Livre II, p. 92) comptaient plusieurs tribus ne vivant que de poissons et que les Pœoniens (Livre V, p. 16) en faisaient même manger à leurs chevaux. De nos jours, le poisson est encore presque l'unique soutien de nombreuses peuplades maritimes (Esquimaux, Groenlandais, etc.). Il est hors de doute qu'en France il devrait jouer un rôle beaucoup plus considérable dans l'alimentation et qu'il y aurait lieu de prendre d'énergiques mesures pour en étendre le plus possible la consommation. L'exemple donné par Paris qui reçoit annuellement 28 millions de kilogrammes de poissons frais et 8 à 9 millions de kilogrammes de moules ou de coquillages montre ce que l'on pourrait obtenir sur les marchés de l'intérieur avec des moyens de transport moins onéreux, plus fréquents et plus rapides.

» Les analyses que nous avons effectuées, relatées en partie dans le Tableau qui suit cette Note, ont été faites sur la chair seule, desséchée très lentement après avoir été soigneusement dépouillée de la peau et des arêtes. Les matières azotées ont été calculées comme dans nos précédentes recherches en multipliant l'azote obtenu suivant le procédé Kjeldahl par le coefficient 6,25. C'est admettre que toutes ces matières contiennent uniformément 16 pour 100 d'azote, mais on sait qu'en réalité il en est qui en contiennent moins et pour lesquelles le coefficient adopté est trop faible, de sorte que les matières extractives obtenues par différence peuvent parfois comprendre de petites quantités de matières azotées.

» Il résulte de nos analyses quelques indications générales qui mettent bien en relief la composition des produits examinés.

» La proportion d'eau, dans les poissons frais, est très variable puisqu'elle oscille entre 59,80 et 85,80 pour 100. Il y a une relation directe entre l'eau et la graisse. Les poissons qui contiennent le moins d'eau sont les plus riches en graisse; exemples : l'alose, l'anguille de rivière, le maquereau, le saumon qui ont de 12,85 à 25,69 pour 100 de graisse à l'état normal, soit 35,58 à 63,90 pour 100, à l'état sec.

» Les poissons les moins gras (0,14 à 0,81 pour 100 de graisse à l'état normal et 0,90 à 3,90 pour 100 à l'état sec) tels que le brochet, la limande, le merlan, la morue, la perche, la raie, la sole, la tanche, la vive, sont aussi les plus azotés. Ils donnent à

l'état sec jusqu'à 93 pour 100 de matières azotées, c'est-à-dire plus que les viandes de boucherie dont nous parlerons dans une Note ultérieure.

» Avec les poissons salés ou conservés dans l'huile, la proportion d'azote, après dessiccation, est la même si l'on tient compte de l'huile ou du sel ajoutés.

» Il n'y a pas de relations absolues entre les poissons d'un même groupe : si les clupéidés (alose, hareng, sardine) ou les gadidés (colin, merlan, morues) présentent une certaine analogie de composition, on trouve plus de différences dans les cyprinidés (brême, carpe, dorade, gardon, goujon, tanche).

» En comparant les analyses des poissons maigres avec celles des pommes de terre qui ont été données précédemment (*Comptes rendus*, t. CXXV, p. 430) on voit que la proportion d'eau est à peu près semblable des deux côtés et que les matières azotées dans les poissons sont représentées assez exactement par les mêmes chiffres que les matières amylacées dans les pommes de terre.

» Les crustacés et les mollusques, à l'état sec, contiennent moins d'azote que les poissons; la graisse ne dépasse guère 8 pour 100.

» L'acidité présente les mêmes écarts de part et d'autre : 0,038 à 0,258 pour 100 à l'état normal.

Composition centésimale des principaux poissons, crustacés et mollusques, vendus aux Halles de Paris.

			Matières			
		Eau.	azotées.	grasses.	extractives.	Cendres.
Alose commune	A l'état normal	63,90	21,88	12,85	0,11	1,26
	A l'état sec	0,00	60,62	35,58	0,30	3,50
Anguille de rivière	A l'état normal	59,80	13,05	25,69	0,70	0,76
	A l'état sec	0,00	32,46	63,90	1,74	1,90
Anguille de mer	A l'état normal	75,80	16,97	5,27	1,09	0,87
	A l'état sec	0,00	70,10	21,75	4,51	3,64
Brême	A l'état normal	78,70	16,18	4,09	0,01	1,02
	A l'état sec	0,00	75,94	19,20	0,06	4,80
Brochet	A l'état normal	79,50	18,35	0,66	0,41	1,08
	A l'état sec	0,00	89,52	3,20	2,01	5,27
Carpe	A l'état normal	78,90	15,71	4,77	0,08	0,54
	A l'état sec	0,00	74,44	22,60	0,41	2,55
Carrelet	A l'état normal	79,50	16,40	1,43	1,12	1,55
	A l'état sec	0,00	79,98	6,96	5,48	7,58
Dorade	A l'état normal	81,80	16,94	0,93	0,06	0,97
	A l'état sec	0,00	89,62	4,90	0,32	5,16
Éperlans	A l'état normal	81,50	15,72	1,00	1,02	0,76
	A l'état sec	0,00	84,98	5,40	5,52	4,10
Gardon	A l'état normal	80,50	16,39	1,08	0,80	1,23
	A l'état sec	0,00	84,04	5,52	4,13	6,31
Goujon	A l'état normal	81,20	15,94	1,03	0,44	1,39
	A l'état sec	0,00	84,73	5,52	2,34	7,41

		Eau.	Matières azotées.	Matières grasses.	Matières extractives.	Cendres.
Hareng frais	A l'état normal	76,00	17,23	4,80	0,46	1,51
	A l'état sec	0,00	71,80	20,00	1,90	6,30
Limande	A l'état normal	85,80	12,05	0,38	0,80	0,97
	A l'état sec	0,00	84,82	2,70	5,68	6,80
Maquereau	A l'état normal	67,60	15,67	15,04	0,28	1,41
	A l'état sec	0,00	48,37	46,41	0,88	4,34
Merlan	A l'état normal	80,70	16,15	0,46	1,25	1,44
	A l'état sec	0,00	83,65	2,36	6,51	7,48
Merlan noir (Colin)	A l'état normal	80,10	17,84	0,36	0,73	0,97
	A l'état sec	0,00	89,64	1,80	3,66	4,90
Morue longue	A l'état normal	84,20	13,87	0,14	1,00	0,79
	A l'état sec	0,00	87,78	0,90	6,32	5,00
Muge ou Mulet	A l'état normal	79,30	18,32	1,22	0,07	1,09
	A l'état sec	0,00	88,50	5,90	0,33	5,27
Perche	A l'état normal	82,60	14,90	0,55	0,98	0,97
	A l'état sec	0,00	85,63	3,16	5,61	5,60
Raie	A l'état normal	76,40	22,08	0,45	0,17	0,90
	A l'état sec	0,00	93,58	1,90	0,72	3,80
Rouget ordinaire	A l'état normal	72,80	22,85	0,98	2,29	1,08
	A l'état sec	0,00	84,00	3,60	8,45	3,95
Sardines	A l'état normal	73,10	22,12	2,33	0,57	1,88
	A l'état sec	0,00	82,22	8,65	2,13	7,00
Saumon	A l'état normal	61,40	17,45	20,00	0,08	0,87
	A l'état sec	0,00	45,72	51,82	0,20	2,26
Sole	A l'état normal	79,20	17,26	0,81	1,11	1,62
	A l'état sec	0,00	82,96	3,90	5,34	7,80
Tanche	A l'état normal	80,00	17,47	0,39	0,48	1,66
	A l'état sec	0,00	87,34	1,95	2,41	8,30
Truite saumonée	A l'état normal	80,50	17,52	0,74	0,44	0,80
	A l'état sec	0,00	89,82	3,80	2,28	4,10
Turbot	A l'état normal	77,60	18,10	2,28	1,28	0,74
	A l'état sec	0,00	80,82	10,15	5,73	3,30
Vive	A l'état normal	84,20	13,71	0,76	0,61	0,72
	A l'état sec	0,00	86,76	4,78	3,89	4,57
Crabe commun	A l'état normal	76,50	15,89	0,87	5,75	0,99
	A l'état sec	0,00	67,60	3,69	24,50	4,21
Crevettes	A l'état normal	78,80	17,98	1,00	1,01	1,21
	A l'état sec	0,00	84,80	4,69	4,73	5,78
Écrevisses	A l'état normal	82,30	13,59	0,57	2,89	0,65
	A l'état sec	0,00	76,76	3,23	16,31	3,70
Bigornaux (Littorine littorale)	A l'état normal	73,30	11,99	2,28	7,83	4,60
	A l'état sec	0,00	44,92	8,55	29,30	17,23

		Eau.	Matières azotées.	Matières grasses.	Matières extractives.	Cendres.
Bucade (cardium comestible)	A l'état normal....	92,00	4,16	0,29	2,32	1,23
	A l'état sec........	0,00	52,00	3,67	29,00	15,33
Huître commune........	A l'état normal....	80,50	8,70	1,43	7,33	2,04
	A l'état sec.......	0,00	44,60	7,32	37,61	10,47
Moules................	A l'état normal....	82,20	11,25	1,21	4,04	1,30
	A l'état sec.......	0,00	63,20	6,82	22,68	7,30
Peigne de Saint-Jacques (Coquille Saint-Jacques).	A l'état normal....	78,00	13,69	1,54	5,05	1,72
	A l'état sec.......	0,00	62,24	7,00	22,96	7,80
Escargots de Bourgogne..	A l'état normal...	79,30	16,10	1,08	1,97	1,55
	A l'état sec.......	0,00	77,78	5,20	9,52	7,50
Petits escargots de vigne..	A l'ètat normal....	80,50	16,34	1,38	0,45	1,33
	A l'état sec.......	0,00	83,78	7,10	2,32	6,80

MINÉRALOGIE. — *Sur les formes cristallines du quartz des géodes de Meylan (Isère)*. Note de M. **Ferdinand Gonnard**, présentée par M. Fouqué.

« Dans son Mémoire sur la cristallisation et la structure intérieure du quartz (1856) Des Cloizeaux a, le premier, signalé une série de plagièdres de la zone $e^{\frac{1}{2}}se^2$, qui modifient les arêtes culminantes de la pyramide hexagonale. Le premier terme de cette série, dont il a indiqué plusieurs, est celui qu'il a désigné par la lettre β; ses notations, en symboles de Lévy et de Bravais, sont $\left(d^{\frac{7}{20}}d^{\frac{1}{2}}b^1\right) = (27\bar{9}9)$. Ce savant a rencontré cette forme notamment sur certains cristaux de quartz hyalin associés à la calcite, à la dolomie et à la célestine dans les géodes des marnes de l'oxfordien moyen de Meylan, aux environs de Grenoble.

» En étudiant des cristaux de cette localité, que je dois à l'amitié de M. Léon de Mortillet, j'ai reconnu qu'ils présentent des formes nombreuses, parmi lesquelles plusieurs nouvelles, et, en particulier, celles qui modifient les arêtes $pe^{\frac{1}{2}}$, autrement dit, des trapézoèdres du premier ordre, supérieurs à la face rhombe s.

» Des Cloizeaux avait déterminé les suivantes :

» *a*. Entre $e^{\frac{1}{2}}$ et l'isoscéloèdre $\xi(11\bar{2}2)$:

$$\beta\left(d^{\frac{7}{20}}d^{\frac{1}{2}}b^1\right),\quad \gamma_2\left(d^{\frac{7}{23}}d^{\frac{1}{2}}b^1\right),\quad \gamma_1\left(d^{\frac{2}{7}}d^{\frac{1}{2}}b^1\right);$$

» *b*. Entre ξ et p :

$$\gamma\left(d^{\frac{1}{8}} d^{\frac{1}{2}} b^{1}\right), \quad \mathrm{H}_2\left(d^{\frac{1}{11}} d^{\frac{1}{2}} b^{1}\right), \quad \mathrm{H}_1\left(d^{\frac{1}{14}} d^{\frac{1}{2}} b^{1}\right), \quad \mathrm{H}\left(d^{\frac{1}{17}} d^{\frac{1}{2}} b^{1}\right).$$

» En 1856 également, Websky (*Pogg. Ann.*) donna une liste de dix plagièdres de même nature; ce savant les désigne par la lettre d avec un indice variant de 1 à 10. De ces dix plagièdres, deux seuls sont regardés comme certains par Goldschmidt (*Index d. Krystallf. d. Min.*), savoir : d_1 et d_3, qui ne sont autres, respectivement, que γ et H_2 de Des Cloizeaux.

» Vom Rath, d'autre part, reconnut un autre plagièdre sur un cristal de quartz de Zöptau, en Moravie; il le note $\gamma_{\prime\prime}$ (*Zeitschr. Kryst.*; 1881), en symbole Bravais $(8.3.\overline{11}.11)$. La même année, ce savant retrouva β et γ_1 de Des Cloizeaux sur un beau cristal de Dissentis. Puis, dans une étude des cristaux de quartz de la Caroline du Nord, il signale quatre nouvelles formes qu'il désigne par les lettres γ_2, β, β_1, β_2, et dont les notations sont respectivement $(12.1.\overline{13}.13)$, $(23\bar{5}5)$, $(13\bar{4}4)$, $(15\bar{6}6)$. Notons que vom Rath a employé ici les lettres γ_2 et β, déjà prises par Des Cloizeaux pour deux autres formes différentes.

» G. Cesàro a, de son côté, reconnu la face β de Des Cloizeaux sur quelques cristaux de quartz trouvés dans les fentes du grès houiller de Sarolay (Belgique) (*Ann. de la Soc. géol. de Belgique*, t. XVII; *Mémoires*, 1890).

» Enfin, récemment M. Termier a décrit (*Bull. de la Soc. franç. de Min.*; 1895) un curieux cristal de quartz de Grindelwald, où, entre autres formes, il signale un nouveau trapézoèdre de premier ordre, qu'il désigne par la lettre ξ_1, et dont le symbole est $(34\bar{7}7)$.

» En somme, jusqu'à présent, nous trouvons, en y comprenant l'isoscéloèdre ξ, une série de quatorze plagièdres connus.

» J'ai pu en déterminer sept autres nouveaux sur les cristaux de Meylan; ce sont :

$$\mathrm{H}_4(32.15.\overline{47}.47), \quad \mathrm{H}_5(43\bar{7}7), \quad \mathrm{H}_6(13.12.\overline{25}.25), \quad \xi_2(35\bar{8}8),$$
$$\xi_3(8.15.\overline{23}.23), \quad \beta_5(2.15.\overline{17}.17) \quad \text{et} \quad \beta_6(1.15.\overline{16}.16).$$

» Sur ces mêmes cristaux j'ai d'ailleurs retrouvé H_2 et β de Des Cloizeaux et $\gamma_{\prime\prime}$, β, β_1 et β_2 de vom Rath.

» Indépendamment de ces vingt et une faces nouvelles ou déjà connues, j'ai observé, sur les arêtes inférieures $e^2 s$ ou $e^{\frac{1}{2}} s$ de la zone, un certain

nombre d'autres formes, dont les cinq suivantes nouvelles, savoir ;

$$t_8(86.3.\overline{89}.86),\ t'_3(72\overline{9}7),\ T_3(11.6.\overline{17}.11),\ T_2(22.15.\overline{37}.22),$$

$T_0(19.15.\overline{34}.19)$, toutes comprises entre p et s.

» J'ai reconnu, en outre, $t(32\overline{5}3)$ et $T(43\overline{7}4)$ de vom Rath et la face rhombe $s(11\overline{2}1)$. De plus, entre s et e^2, j'ai observé

$$\varepsilon(12\overline{3}1) \quad \text{et} \quad q(3.8.\overline{11}.3)$$

déjà connues.

» Entre $e^{\frac{1}{2}}$ et s je n'ai déterminé que $\sigma_3(5.7.\overline{12}.7)$ de Des Cloizeaux regardée par ce savant lui-même comme très douteuse.

» Aux trente-deux trapézoèdres précédents il faut ajouter encore onze rhomboèdres, dont six directs : $p(10\overline{1}1)$, $e^7(80\overline{8}5)$, celui-ci nouveau; $e^{\frac{21}{5}}(26.0.\overline{26}.11)$ regardé par Des Cloizeaux comme très douteux,

$$e^{\frac{31}{10}}(41.0.\overline{41}.11)$$

également nouveau, $e^3(40\overline{4}1)$ et $e^{\frac{11}{4}}(50\overline{5}1)$, rare;

» Et cinq inverses : $e^{\frac{1}{2}}(01\overline{1}1)$, $e^{\frac{4}{7}}(0.11.\overline{11}.10)$ nouveau, $e^{\frac{19}{20}}(0.39.\overline{39}.21)$, regardé comme très douteux par Des Cloizeaux, $e^{\frac{3}{2}}(05\overline{5}1)$ et $e^{\frac{10}{11}}(0.10.\overline{10}.1)$, également regardé comme très douteux par Des Cloizeaux;

» Enfin le protoprisme $e^2(10\overline{1}0)$.

» En terminant ce résumé très succinct d'une étude que je me propose de poursuivre, je ferai remarquer que les quarante-quatre formes, dont quinze nouvelles, dont je viens de donner la liste, ont été observées sur une trentaine de cristaux seulement. Il est probable qu'une étude ultérieure accroîtra encore ce nombre. Les cristaux de Meylan n'offrent donc pas moins d'intérêt, au point de vue cristallographique, que ceux du comté d'Alexander ou du comté de Burke, que vom Rath estimait les plus remarquables de l'espèce.

Tableau des principales incidences des faces nouvelles.

	Calculées.	Observées.
pH_4	165°.39′	165°.29
pH_3	160.22	160.21

	Calculées.	Observées.
pH_6	157°.51′	157°.43′
$p\xi_2$	150.37	150.32
$p\xi_3$	149.28	149.45
$p\beta_5$	138.47	138.25
$p\beta_6$	136.23	136.27
pt_3	178.35	178.35
pt'_3	169.16	169. 6
pT_3	161.22	161.15
pT_2	157.51	157.56
pT_0	155.22	155.10
pe^7	168. 1	168.19
$pe^{\frac{31}{10}}$	153.43	154. 2
$e^{\frac{1}{2}}e^{\frac{4}{7}}$	177.27	177.33

BOTANIQUE. — *De la fécondation directe chez quelques plantes dont les fleurs semblent adaptées à la fécondation croisée.* Note de M. C. **Gerber**, présentée par M. Chatin.

« Les fleurs des Cistes sont très grandes, d'une belle couleur rose ou blanche. Situées à l'extrémité des branches d'un arbrisseau assez élevé, elles sont visibles d'assez loin; aussi, quiconque aperçoit une colline couverte de Cistes ne peut s'empêcher de penser que ces belles fleurs ont revêtu leur robe éclatante pour attirer les insectes, afin d'assurer l'acte essentiel de la fécondation. Séduit par les apparences, il ne songera peut-être pas à se demander où sont les insectes auxquels la fleur semble faire fête. Or, comme nous l'avons souvent observé dans nos herborisations, il existait, cette année, quelques Cistes en fleurs, dès la fin février. En mars et en avril, leurs corolles embellissaient les collines des environs de Marseilles, et cependant bien peu d'insectes étaient dans les airs. Ceux-ci n'existaient pas encore sous la forme ailée, utile à l'accomplissement de l'acte de la pollinisation. Pour ces fleurs, on le voit, il est difficile d'admettre que la beauté et la grandeur des pétales aient pour résultat d'assurer une fécondation par les insectes. Que plus tard, en mai, il en soit ainsi, la chose est possible; mais nous ferons observer qu'à ce moment-là on peut déjà récolter beaucoup de fruits presque mûrs provenant des fleurs écloses en mars et en avril.

» L'hypothèse d'une fécondation directe se présente donc à l'esprit, et

nous allons voir qu'il existe un dispositif spécial assurant cette fécondation.

» Si nous faisons éclore une fleur de *Cistus albidus* L., à l'abri du vent, on constate que, pendant les quelques heures où la fleur est épanouie, la surface stigmatique demeure blanche, sans aucun grain de pollen. Pourtant les anthères sont ouvertes; mais comme les étamines sont un peu plus courtes que le pistil et que la fleur est dirigée vers le ciel, le pollen semble avoir besoin de l'intervention du vent ou des insectes pour arriver jusqu'aux papilles stigmatiques. Il n'en est rien. *C'est le calice qui est chargé de ce soin.* En effet, au bout de huit à quatorze heures, l'un des trois sépales internes se relève brusquement et l'on voit les deux pétales qui sont insérés en face, se redresser avec rapidité et tomber, à un intervalle de quelques secondes, comme poussés par un ressort. La fleur offre alors, et cela pendant près de dix minutes, deux lèvres : l'une verticale, formée par le sépale redressé, l'autre horizontale formée par les trois pétales restants et les quatre pièces vertes extérieures à la corolle.

» Au bout de ce temps, un second sépale interne, celui que le premier recouvrait à moitié (les trois sépales internes sont en préfloraison imbriquée), se comporte comme lui; il se redresse et le pétale qui lui est opposé tombe brusquement comme les deux premiers. Pendant dix minutes, la fleur présente, à sa lèvre supérieure, deux sépales et, à sa lèvre inférieure, deux pétales et trois pièces vertes. Après ce nouveau temps de repos, le troisième sépale imbriqué se comporte comme les deux précédents et l'on observe la chute des deux derniers pétales, à quelques secondes d'intervalle. La corolle est donc tombée suivant le rythme :

2 pétales, repos de dix minutes, 1 pétale, repos de dix minutes, 2 pétales.

» Les trois sépales reprennent bientôt la disposition qu'ils avaient dans le bouton floral; ils appliquent fortement les étamines contre le pistil, et comme le filet de celle-ci s'est allongé pendant la durée de l'épanouissement de la corolle, les anthères recouvrent le style et le stigmate sur lequel elles répandent leur pollen.

» Si nous examinons une fleur de *Cistus albidus* L. quinze jours après sa fermeture, nous voyons que les trois sépales internes n'ont pas cessé de recouvrir le pistil. Si on les déchire, car on ne peut les enlever autrement, on remarque qu'ils serrent fortement le jeune fruit à demi mûr et de la grosseur d'une petite noisette. La partie supérieure de ce fruit est recouverte d'une coiffe formée par les étamines qui, réunies par les anthères au-dessus du stigmate flétri, ont leurs filets aplatis, accolés les uns avec les

autres, écrasés et moulés contre la surface du fruit. Au bas de celui-ci, on remarque les cicatrices d'insertion des étamines. On ne peut expliquer la situation de ces dernières qu'en admettant que, réunies au moment de la fermeture du calice en une calotte, grâce à la pression des sépales contre le pistil, cette calotte accompagne l'ovaire grossissant et s'élevant. Il en résulte une traction sur les filets et ceux-ci se rompent à leur point d'intersection sur le réceptacle.

» Ainsi : *La fermeture du calice a spécialement pour effet d'assurer la fécondation directe des Cistes.*

» Nous avons observé les mêmes faits sur *C. salvifolius* L. et il est probable que *C. hirsutus* Lam. et *C. villosus* L. se comportent de la même façon, puisque, d'après Ascherson, leurs fruits présentent la même calotte staminale.

» Nous avons étudié, dans un Mémoire spécial ([1]), d'une façon complète, un certain nombre de faits qui se rattachent à la fécondation directe des Cistes. C'est ainsi que nous avons déterminé les causes de la fermeture du calice et la nature de ce mouvement ; l'Anatomie microscopique, d'autre part, est venue se joindre à la Physiologie, pour nous permettre de distinguer les cinq pièces vertes qui entourent la corolle, en sépales et bractées, etc.

» Nous allons, dans le résumé suivant, donner les conclusions de ces recherches et celles de la Note présente :

» 1° Les Cistes présentent un calice qui tend, grâce à sa structure spéciale, à rester appliqué contre l'ovaire obligé, au moment de l'épanouissement de la fleur, de s'écarter par suite de la turgescence de la base de la corolle; il se ferme bientôt, mécaniquement, comme une lame élastique qui revient à sa position d'équilibre, aussitôt que cette turgescence diminue; en ce faisant, il expulse les pétales suivant un rythme particulier.

» 2° Le calice n'est formé que de trois pièces; les deux folioles vertes externes doivent être considérées avec Willkomm et contrairement à l'opinion de Linné, Lamarck, de Candolle, Spach, Payer, Planchon, Baillon, etc., comme des bractées correspondant aux deux petites bractées qui accompagnent les trois sépales de la plupart des Hélianthèmes. Elles constituent un involucre uniflore comparable à l'involucre de l'*Anemone hepatica.*

» 3° Grâce à la pression que le calice exerce, en se fermant, sur les

---

([1]) *Ann. Fac. Sc. Marseille,* t. IX, 1898.

étamines, la fécondation directe est assurée, même dans le cas où une pollinisation étrangère se serait produite pendant le temps relativement court où la fleur est restée épanouie. Aussi, est-il permis de dire que les fleurs chasmogames des Cistes n'obéissent qu'en apparence et pour mémoire à la loi de la dichogamie, et qu'elles deviennent de véritables fleurs cleistogames après la fermeture du calice.

» 4° Ainsi donc : la grandeur, la beauté, la couleur et l'éclat des fleurs ne constituent pas toujours une preuve de l'adaptation des plantes à la pollinisation par les insectes. Cette conclusion vient à l'appui des belles recherches de M. G. Bonnier (¹) et de l'observation de M. Plateau (²) que « ni la forme, ni les couleurs vives des fleurs ne semblent avoir de rôle » attractif important. »

GÉOLOGIE. — *Un plissement remarquable à l'ouest du Massif central de la France.* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. Michel Lévy.

« On sait que le bord sud-ouest du Massif central de la France est découpé, comme à l'emporte-pièce, sur une longueur de 250^{km} environ, par un système de failles (failles limites) faisant buter les terrains primaires et secondaires, bassin de l'Aquitaine, contre les roches cristallines. Le Massif central présente donc, sur cette étendue, tous les caractères d'un horst et le bassin de l'Aquitaine celui d'un bassin d'effondrement.

» Comment se comportent, au point de vue tectonique, les terrains primaires et secondaires à l'intérieur de ce bassin? Cette Note a pour but de fournir une première solution à cette question.

» D'une façon générale, les couches sédimentaires, à partir du Massif central, plongent vers le sud-ouest sous une inclinaison assez faible. Mais par suite de plis ou de failles ces couches réapparaissent plusieurs fois à des distances différentes du bord cristallin. Le plus important des plissements que l'on trouve après les failles limites est celui que j'appellerai le *pli de Mareuil* (Dordogne)-*Meyssac* (Corrèze), du nom des deux localités les plus importantes qui se trouvent sur son parcours.

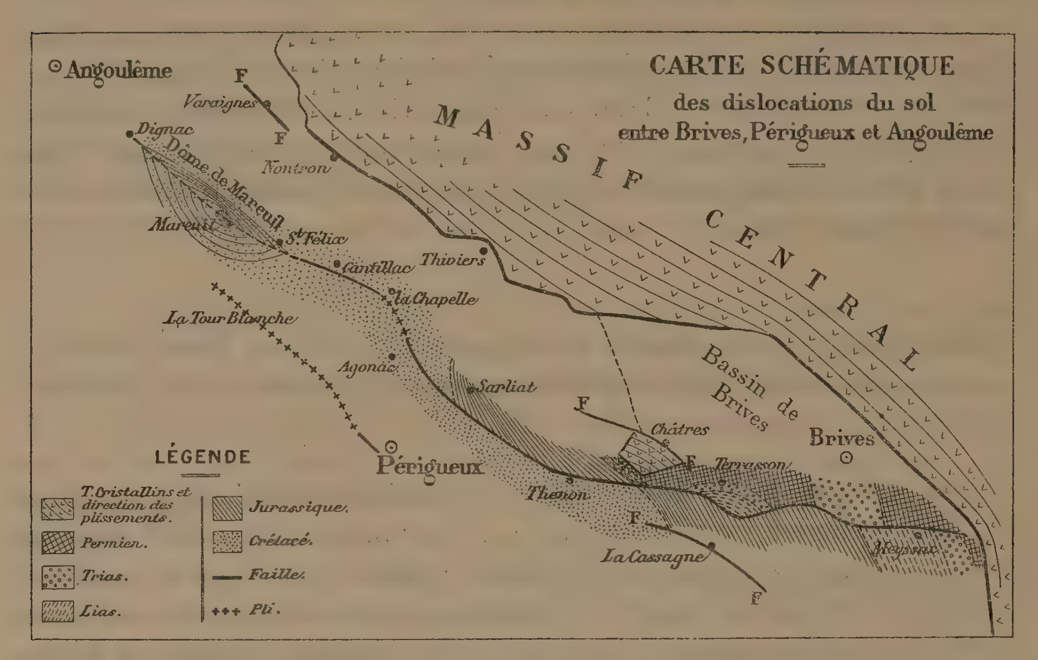
» Ce pli, qui a 140^{km} de long environ, est sensiblement parallèle, sur une grande

---

(¹) G. Bonnier, *Les Nectaires* (*Ann. des Sc. nat.*, 6e série, t. VIII, p. 49 et 55).
(²) *Bull. de l'Acad. roy. de Belgique*, 3e série, t. XXXIV, p. 878; 1897.

partie de son étendue, aux failles limites du Massif central. Il passe à 8^{km} au sud de Brives, à 9^{km} au nord-ouest de Périgueux et je l'ai suivi jusqu'à Dignac, à 14^{km} au sud-est d'Angoulême.

» Le pli de Mareuil-Meyssac s'est résolu en faille sur près de 100^{km}. Cette faille a d'abord été étudiée, avec grands détails, par M. Mouret, entre Meyssac et Sarliat (Dordogne). Mes études montrent qu'elle résulte de la rupture d'un anticlinal parallèlement à son axe.



» La faille débute à quelques kilomètres des failles limites; sa direction fait un angle de 50° avec ces dernières, plus à l'ouest elle tend à prendre une direction parallèle. A partir de ce point, jusqu'à Saint-Front d'Alemps (Dordogne), en passant par Thenon, le Change, les Pyles (Dordogne), ce sont les terrains situés au nord-est de la faille qui sont affaissés par rapport à ceux qui affleurent au sud-ouest. C'est d'abord, d'une façon très générale, le Permien qui bute contre le Trias, l'Infra-Lias, le Lias inférieur et le Lias moyen; puis les différents étages du Lias viennent en contact avec le Bajocien et le Bathonien, et à partir des environs de La Bachellerie, c'est le Bajocien et le Bathonien qui butent contre les divers termes du Crétacé. Près de Sarliat, les étages du Crétacé vont buter les uns contre les autres : le Ligérien contre le Santonien, l'Angoumien contre le Campanien, etc.; en un mot, tous les terrains primaires et secondaires de l'Aquitaine : Houiller, Permien, Trias, Lias, Jurassique, Crétacé sont intéressés par la faille.

» La dénivellation produite par cette cassure atteint 400^{m} au sud de Brives; mais elle diminue de plus en plus vers le nord-ouest et à La Chapelle-Faucher (Dordogne) les deux lèvres de la faille se rejoignent et elle se résout, sur une faible étendue, en un anticlinal; puis, le pli étant trop aigu se rompt de nouveau, et une nouvelle faille réapparaît entre Champagnac-de-Bélair et Cantillac, mais à l'inverse de ce qui avait

lieu primitivement, c'est la lèvre nord de la faille qui est affaissée par rapport à la lèvre sud.

» Près de Saint-Félix-de-Bourdeilles, il se produit un changement d'allure des couches des plus curieux, puisque le pli faille se continue vers Mareuil et Dignac, sur 30^{km}, en un *dôme allongé* qui rappelle beaucoup, quoique plus petit, le pays de Bray.

» Ce dôme, dont le centre est à la côte, fait réapparaître, là où devrait normalement affleurer le Santonien et le Campanien, non seulement *tous les termes du Crétacé de l'Aquitaine,* mais aussi le Virgulien à *Ammonites orthocera* et *Ostrea virgula* qui constitue le noyau du dôme. Le plongement des couches autour de ce noyau est très différent au nord-est et au sud-ouest. Il est de 5° à 10° en moyenne vers le sud-est; aussi les divers étages du Crétacé s'étalent-ils assez largement; au nord-est, au contraire, le plongement est considérable puisqu'il atteint 80°, ce qui permet *au Virgulien et au Crétacé complet d'affleurer sur* 1^{km}, alors que ces terrains s'étendent dans le bassin sur une largeur de plus de 50^{km}.

» L'étude de la dislocation de Mareuil-Meyssac permet de comprendre sa genèse, puisque nous voyons passer une faille à un pli aigu et à un dôme allongé. On peut la concevoir comme un grand pli anticlinal produit par un refoulement venant du sud-ouest. Au sud de Brives, le pli, très rapproché du massif cristallin qui servait de butoir, est devenu trop aigu et s'est converti en une faille ayant amené un rejet considérable (400^{m}).

» Après Terrasson, le refoulement ayant été moins intense, la dénivellation a été moins grande (50^{m} à 80^{m}). A la Chapelle-Faucher l'anticlinal normal réapparaît, puis il se brise de nouveau plus à l'ouest, parallèlement à son axe, mais l'affaissement ainsi produit ne dépasse guère 50^{m}.

» Vers Mareuil, comme on se rapproche du sud du détroit poitevin et que l'on s'éloigne du Massif central qui constituait un massif résistant pour la formation des plis, le refoulement a été moins marqué et le pli s'est transformé en un dôme allongé avec toutefois un plongement très accentué (80°) des couches sur le flanc nord-ouest de ce dôme.

» On peut conclure de ces faits : que l'effondrement produit par la faille de Meyssac résulte d'un refoulement horizontal, contrairement à ce que l'on pensait. L'affaissement serait dû à la rupture d'un pli trop aigu et non à une simple descente verticale, à un tassement des couches. Les *failles limites du Massif central paraissent avoir la même origine,* car leur direction, ainsi que l'a montré M. Mouret, jalonne celle des couches cristallines. Le bord de ce Massif, dans cette région, ne présenterait donc pas, comme on le conçoit, le caractère des horsts.

» Ainsi les *failles limites, le pli complexe* (faille, anticlinal et dôme) *de Mareuil-Meyssac, les autres plissements et failles étudiés dans la même région* (failles des Châtres, de La Cassagne, de Varaigne, pli de la Tour-Blanche), *d'âge vraisemblablement antéoligocène, ont la même direction géné-*

rale que les plis hercyniens du Massif central. Ces plis et ces failles semblent également correspondre aux plis hercyniens du sud de la Bretagne. »

GÉOLOGIE. — *Sur de nouvelles sources de pétrole au Caucase.* Note de M. **Venukoff**, présentée par M. de Lapparent.

« Une importante découverte géologique a été récemment faite dans le Caucase occidental, aux environs d'Anaclie, bourg qui se trouve près de l'embouchure de l'Ingour dans la mer Noire : on y a trouvé des sources de naphte. La terre qui contient cette huile minérale appartient au prince de Mingrélie, et le droit d'exploitation à un capitaliste de Moscou, M. Mindowsky. Les recherches géologiques qui aboutirent à la découverte étaient menées par MM. Young et Tzouloukidzé, dont le premier est représentant d'une maison de banque française, et l'autre ingénieur des mines russe.

» Le 2/14 mai, ces deux explorateurs ont commencé leurs travaux de terrassement et bientôt ils ont trouvé les couches de sable imbibées de naphte. La surface de l'eau qui se dégageait pendant les travaux fut bientôt couverte de naphte liquide.

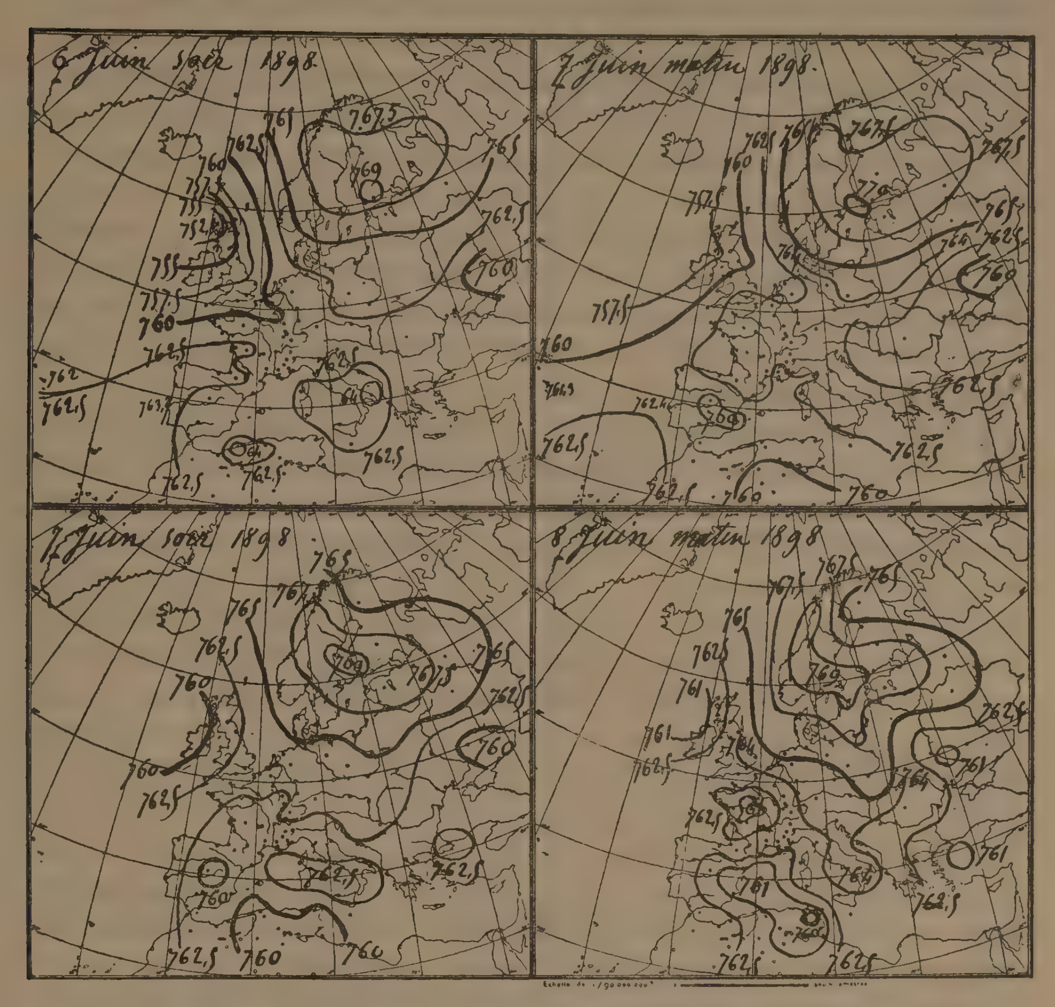
» Selon le rapport des deux explorateurs, il a été décidé de commencer immédiatement le forage du terrain et ensuite l'exploitation du pétrole, comme à Bakou, dont Anaclie deviendra sans retard un concurrent heureux, car c'est un port de la mer Noire et non de la mer Caspienne, séparée de l'Europe par toute la largeur du Caucase (900^{km}). »

MÉTÉOROLOGIE. — *Situation atmosphérique au moment de l'ascension des ballons-sondes. Transition entre la période des cyclones (hiver) et celle des orages (été).* Note de M. **H. Tarry**.

« Des ascensions internationales de ballons-sondes ayant eu lieu en diverses villes d'Europe le 8 juin au matin, il était intéressant d'étudier la situation de l'atmosphère à cette date, en traçant à la surface de notre continent des courbes isobares assez précises et assez rapprochées pour qu'on pût se rendre compte de la disposition et du mouvement des couches que ces ballons devaient rencontrer.

» Les diagrammes ci-dessous donnent le tracé des isobares, de $2^{mm},5$ en $2^{mm},5$, le 8 au matin, et de douze en douze heures depuis le 6 juin.

Bien que ces Cartes aient été établies avec les seules observations publiées dans le *Bulletin international du Bureau central météorologique*, il est facile de voir que l'atmosphère était dans un état de calme inusité.



Commencement de la période des orages, trombes et tornades le 7 juin 1898.

» Il est même à remarquer que le 7 juin, veille de la date choisie pour les ascensions, marque précisément le point de démarcation entre la saison des cyclones, qui a lieu de novembre à mai, et la saison des orages et des trombes, qui caractérise la période d'été, de mai à octobre.

» Dans nos climats tempérés, de même que dans les climats tropicaux ou équatoriaux, on peut distinguer dans l'année deux périodes ayant des caractères absolument tranchés : les cyclones, qui caractérisent la période

d'hiver, étant d'immenses dépressions barométriques de plusieurs milliers de kilomètres de diamètre, parcourant l'Europe d'une extrémité à l'autre, tandis que les orages ne balayent que des surfaces de quelques dizaines de kilomètres de large, s'étendant sur quelques départements seulement, et les trombes n'ont qu'un diamètre de quelques dizaines ou centaines de mètres.

» Selon moi, la période des cyclones est caractérisée par les dépressions barométriques faisant descendre le baromètre *au-dessous de* 750^{mm}, et la première et la dernière de ces dépressions marquent le commencement et la fin de cette période.

» En 1898, la période des cyclones s'est prolongée beaucoup plus tard que d'habitude; le mois de mai a été continuellement bouleversé par les cyclones, et c'est la cause *exclusive* et incontestable des mauvais temps qui ont caractérisé ce mois et de la quantité exceptionnelle de pluie qui est tombée sur nos contrées.

» Le dernier cyclone de la période d'hiver, faisant suite immédiatement au précédent, a attaqué l'Europe en venant de l'océan Atlantique, le 3 juin, le baromètre descendant à $749^{mm},8$ le 3 au soir au nord-ouest de l'Écosse, avec une baisse de $5^{mm},8$ en vingt-quatre heures. Le centre de ce cyclone se trouve le 4 à Stornoway; le 5, il descend sur l'Irlande où le baromètre marque $748^{mm},5$ le soir; le 6 au matin, son centre remonte à Belmullet, ($750^{mm},8$) au nord-ouest de l'Irlande; notre Carte le montre revenu le 6 au soir à Stornoway; enfin la dépression rétrograde sur l'océan Atlantique le 7, et ne reparaît plus. La Carte du 7 juin, avec les courbes isobares ci-dessus, a été remise à M. Hermite, à la Villette, avant l'ascension du 8.

» Depuis le 7 juin, le régime des hautes pressions s'est définitivement installé sur l'Europe, où l'on ne voit plus que de petites dépressions secondaires, éparpillées en plusieurs points et produisant de tous côtés les violents orages, accompagnés de crues subites de rivières, qu'on a observées à l'ouest de notre continent et notamment en France. C'est un de ces orages qui a empêché le *Balaschoff* de s'élever dans les hautes régions; il accompagnait la petite dépression barométrique qui avait précisément son centre à Paris au moment même de l'ascension. Ce sont des particularités de détail dans l'étude des grands mouvements de l'atmosphère, qu'il est impossible de saisir lorsqu'on se borne à tracer de 5^{mm} en 5^{mm} les courbes d'égale pression barométrique; du reste les Cartes météorologiques du *Meteorological Office* de Londres donnent ces courbes de dixième de pouce en dixième de pouce, ce qui correspond à $2^{mm},54$. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Enregistrement des décharges électriques atmosphériques.* Note de M. DUCRETET.

« Je viens d'avoir l'occasion d'enregistrer des décharges atmosphériques au récepteur d'un poste de *télégraphie hertzienne sans fil* installé chez moi. Le mât s'élève au-dessus du sol à une hauteur de 26^m (l'altitude du sol est d'environ 55^m). Ce mât domine les maisons voisines et se voit de très loin. Le fil conducteur, isolé, fixé à l'extrémité de ce mât, a 32^m de longueur; ce collecteur des ondes électriques pénètre dans mon laboratoire et il est relié à une des électrodes du *radioconducteur Branly* du poste récepteur, l'autre électrode est mise à la terre.

» Hier samedi, de $2^h 30^m$ à $3^h 40^m$ de l'après-midi, au moment de l'orage, mon *récepteur automatique* a inscrit 311 *décharges atmosphériques intermittentes*, au fur et à mesure de leur présence sur le *mât collecteur*. Ces décharges étaient enregistrées *avant* l'apparition de l'éclair et le bruit du tonnerre. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Ascensions aérostatiques internationales du 8 juin.* Note de M. W. DE FONVIELLE, présentée par M. Bouquet de la Grye.

« *A Paris* trois ascensions ont été faites : l'aérophile n° 3, parti à $2^h 30^m$ de l'usine à gaz de la Villette, a été trouvé le matin à Magny (Seine-et-Oise).

» Les instruments étaient intacts, mais les paysans ont, pour nettoyer le cylindre de l'un des enregistreurs, enlevé le noir de fumée sur lequel s'inscrivaient les courbes. Un second cylindre est intact.

» L'aérophile n° 4, parti à $10^h 5^m$, est arrivé à Vernum, en Westphalie, à 4^h du soir.

» Les instruments qu'il portait sont intacts. La hauteur à laquelle il est parvenu est de 15000^m à 16000^m et la température de —64° C.

» Le ballon monté *Balaschoff* est parti à $11^h 5^m$ et est descendu vers 2^h à Verpilliers près de Roye. Il est parvenu à la hauteur de 2300^m.

» *A Bruxelles* le ballon *l'Aurore*, parti le matin du parc Léopold, est descendu près d'Ostende, après avoir atteint une altitude de 3950^m.

» *A Strasbourg* le ballon-sonde est parti à $8^h 30^m$ de l'esplanade de Steinthor, et s'est éloigné dans la direction du nord. Il a été retrouvé près de Saint-Martin, dans la Haute-Autriche, cercle de l'Inn, après s'être élevé à une hauteur de 11^{km}, où il a constaté une température de —50°.

» Le ballon monté est parti à 9^h et est descendu à $12^h 35^m$ à Wittersheim, en Lorraine après s'être élevé à 1600^m, où il a trouvé une température de +12°.

» *A Vienne* le ballon-sonde *Falke,* lancé de l'arsenal, a crevé au départ; le même accident est arrivé à un ballon monté par deux officiers qni n'ont pas été blessés.

» Deux autres ballons montés se sont élevés à 2000^m et à 2500^m.

» Une cinquième ascension d'un ballon monté a eu lieu à l'Exposition. Cet aérostat s'est élevé à 4500^m, obtenant une température minimum de — 8°.

» Les trois ballons partis de Vienne ont commencé par se diriger vers l'ouest, puis ils ont changé de direction et se sont tous dirigés vers l'est où s'est terminé leur voyage.

» *A Berlin* un ballon-sonde a été lancé, ainsi que quatre ballons montés, qui se sont élevés respectivement à 5500^m, 5200^m, 4200^m et 2800^m.

» A 5500^m on a observé une température de —14°. A 4200^m elle était un peu plus basse, —15°. Les deux autres minima ont été respectivement de —8° et de 0°. On n'a pas encore de nouvelles du ballon-sonde.

» *A Saint-Pétersbourg*, suivant les avis de Berlin, un ballon-sonde se serait élevé à 9000^m et un ballon monté à 4500^m. Ce dernier est descendu à 30^{km} de son point de départ après être resté plusieurs heures en l'air.

» *A Munich,* on a lancé deux ballons montés. L'*Academie,* parti à $9^h 16^m$, s'est élevé à 4700^m. L'*Ibis,* parti à $10^h 6^m$, est parvenu à 3750^m. Comme ceux de Vienne, ces deux ballons ont commencé à se diriger vers l'ouest, puis ils ont changé brusquement de direction et ont voyagé vers l'est jusqu'à l'atterrissage. Quoique partis à une heure d'intervalle, les deux ballons ne se sont presque jamais perdus de vue jusqu'à l'atterrissage qui a eu lieu à $1^h 23^m$ pour le premier et $2^h 43^m$ pour le second.

» On n'attend plus de nouvelles que du ballon monté de Varsovie et du ballon-sonde de Berlin. On ne sait pas encore si Rome a pris part aux opérations aérostatiques de la journée du 8 juin, comme il en avait été question. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Résultats sommaires des ascensions de trois ballons-sondes exécutées à Trappes.* Note de M. L. TEISSERENC DE BORT, présentée par M. Bouquet de la Grye.

« Trois ballons-sondes, réglés de façon à explorer des régions différentes de l'atmosphère, ont été lancés par nos soins à l'observatoire de Météorologie dynamique, le 8 juin.

» Le premier est parti de Trappes à $3^h 3^m$ du matin et s'est élevé à une altitude d'environ 12500^m, où il a trouvé une température de — 60°; emporté par le courant supérieur des cirrus qui venaient du sud-35°-ouest, il est tombé à 160^{km}, près de Saint-Quentin, à $6^h 43^m$.

» Le deuxième a été lancé à $4^h 55^m$, s'est élevé à 9000^m, où la température était de — 42°, pour tomber au nord, dans l'Oise, à 90^{km} de Trappes.

» Le troisième, parti à $7^h 55^m$, est monté à 6800^m, où la température était de —21°, et descendu à Omenville, à 50^{km} au nord-nord-ouest de Trappes, suivant ainsi une trajectoire intermédiaire entre celle du vent inférieur qui soufflait de l'est-sud-est et celle du courant supérieur venant du sud-ouest.

» Les instruments, revenus en parfait état, sont l'objet de nouvelles comparaisons pour contrôler celles qui ont été faites la veille du départ, et les courbes tracées permettront d'établir la marche des températures à diverses hauteurs à trois périodes différentes du jour.

» La présence d'une couche de nuages, à 5^h et à 8^h, n'a pas permis de poursuivre la détermination de la hauteur des ballons par des visées directes simultanées faites de deux stations au delà de 3500^m d'altitude. »

M. **J. Peroche** adresse un Mémoire ayant pour titre : « Les balancements polaires et les observations astronomiques ».

M. **G. Perry** adresse une Note intitulée : « De la Géométrie à quatre variables en Biologie ».

M. **J.-J. Andeer** adresse une Note intitulée : « Recherches sur les ostioles du système cérébro-spinal ».

La séance est levée à 4 heures et demie. M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 6 juin 1898.

(*Suite.*)

Revue de Mécanique, publiée sous le patronage et la direction technique d'un Comité de rédaction. Président : M. Haton de la Goupillière, Membre de l'Institut, Inspecteur général des Mines. N° 5. Mai 1898. Paris, Vve Ch. Dunod, 1898; 1 fasc. in-4°.

Notice sur Alexis Jordan, par le Dr Saint-Lager. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1898; 1 broch. in-8°.

Bulletin de la Société astronomique de France et Revue mensuelle d'Astronomie, de Météorologie et de Physique du globe. Juin 1898. Paris, Ch. Bivort; 1 fasc. in-8°.

Préfecture de la Seine. Direction des Affaires municipales. Tableaux mensuels

de Statistique municipale de la Ville de Paris. Décembre 1897. N° 12. Paris, G. Masson, 1897; 1 fasc. in-8°.

Revue générale des Sciences pures et appliquées. Directeur : LOUIS OLIVIER, Docteur ès Sciences. 30 mai 1898. Paris, G. Carré et C. Naud; 1 fasc. in-4°.

OUVRAGES REÇUS DANS LA SÉANCE DU 13 JUIN 1898.

Leçons nouvelles sur l'Analyse infinitésimale et ses applications géométriques, par M. CH. MÉRAY, Professeur à la Faculté des Sciences de Dijon. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1894-1895-1897-1898; 4 vol. grand in-8°. (Présentés par M. Darboux.)

Le Cantal, par MM. MARCELLIN BOULE et LOUIS FARGES. Paris, Masson et Cie; 1 vol. in-12. (Présenté par M. Gaudry.)

Société d'Histoire naturelle d'Autun. Dixième Bulletin. Paris, Doin, 1897; 1 vol. grand in-8°. (Présenté par M. Gaudry.)

Les Lapidaires de l'antiquité et du moyen âge, Ouvrage publié sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique et de l'Académie des Sciences, par F. DE MÉLY. Tome II. Premier fascicule. Texte avec la collaboration de M. CH.-EM. RUELLE. Paris, Ernest Leroux, 1898; 1 vol. in-4°. (Hommage de l'auteur.)

Bulletin astronomique, fondé en 1884 par E. MOUCHEZ et F. TISSERAND, publié par l'Observatoire de Paris. Commission de rédaction : H. POINCARÉ, Président; G. BIGOURDAN, O. CALLANDREAU, H. DESLANDRES, R. RADAU. Juin 1898. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1898; 1 fasc. in-8°.

Revue de Physique et de Chimie et de leurs applications industrielles, fondée sous la direction scientifique de P. SCHUTZENBERGER. Tours, imp. Deslis frères; 1 fasc. in-8°.